

«РАДИО» – РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ





ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 1003

Э. П. БОРНОВОЛОКОВ, В. Г. БОРИСОВ, И. В. КАЗАНСКИЙ

«РАДИО»— РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

СБОРНИК ОПИСАНИЙ ИЗБРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «РАДИО» ЗА 1974—1977 гг.

Под общей редакцией А. В. ГОРОХОВСКОГО

ББК 32.844
Б 82
УДК 621.396.6:061.43

Борноволоков Э. П. и др.

Б 82 «Радио» — радиолюбителям: Сборник описаний избранных конструкций, опубликованных в журнале «Радио» за 1974—1977 гг./Э. П. Борноволоков, В. Г. Борисов, И. В. Казанский; Под общ. ред. А. В. Гороховского. — М.: Энергия, 1980. — 128 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1003).

1 р. 40 к.

Описания, помещенные в сборнике, содержат все необходимые данные для самостоятельного изготовления предлагаемых конструкций. Это позволяет читателям самой различной квалификации выбрать в сборнике описания конструкций, отвечающих их интересам, знаниям и опыту.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

Р $\frac{30404\text{-}002}{051(01)\text{-}80}$ 233-80. 2402020000 ББК 32.844
6Ф2.9

ЭДУАРД ПАВЛОВИЧ БОРНОВОЛОКОВ
ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ БОРИСОВ
ИВАН ВИССАРИОНОВИЧ КАЗАНСКИЙ

«РАДИО» — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Обложка художника *В. Н. Хомякова*
Технический редактор *Г. Г. Самсонова*
Корректор *М. Г. Гулина*

ИБ № 2023

Сдано в набор 23.03.79 Подписано в печать 06.11.79 Т-17372 Формат 84×108$^{1}/_{16}$ Бумага типографская № 2 Гарн. шрифта литературная Печать высокая Усл. печ. л. 13,44 Уч.-изд. л. 19,09 Тираж 120 000 экз. Заказ № 940 Цена 1 р. 40 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Массовая радиобиблиотека» предлагает своим читателям очередной, третий выпуск сборника «Радио»— радиолюбителям», подготовленного по материалам, опубликованным в журнале «Радио» в 1974—1977 гг. Судя по двум предыдущим выпускам, это издание стало популярным среди радиолюбителей. Радиолюбители имеют возможность ознакомиться с тематическими подборками конструкций, могут выбрать ту из них, которая ляжет в основу для самостоятельного изготовления. Мы не ошиблись, говоря «ляжет в основу», так как радиолюбители, повторяя радиотехническое устройство по описанию, обычно не копируют его слепо, а вносят те или иные изменения в зависимости от своих возможностей, имеющихся деталей и, главное, от своих индивидуальных требований, которым данное устройство должно удовлетворять. Это естественно, так как радиолюбительство неразрывно связано с творчеством.

При отборе статей из журнала «Радио» для сборника составители проделали большую работу по уточнению и дополнению сведений, приводившихся в журнальных вариантах статей. При этом конструкции, предназначенные для малоопытных радиолюбителей, описаны в сборнике более подробно, чем те, которые рассчитаны на подготовленных энтузиастов радиотехники.

В свое время радиолюбители были пионерами освоения коротких волн, в 50-е годы ими немало сделано для широкого применения в радиоэлектронных устройствах вместо ламп полупроводниковых приборов— транзисторов и диодов. Сейчас они успешно осваивают интегральные схемы, применение которых открывает новые широкие возможности в радиолюбительском творчестве. Действительно, радиоэлектронные устройства, как правило, усложняются, причем одна из причин их усложнения — необходимость решения с помощью этих устройств все более сложных задач. Например, сейчас немало радиолюбителей увлечены изготовлением сложных электронных часов, а также начинают применять в своих разработках сенсорные контакты для различного рода переключений и регулировок. Использование здесь дискретных элементов приводит к тому, что число их в радиоустройствах возрастает. В связи с этим усложняется монтаж, увеличиваются размеры конструкции.

Применение в этих, как и во многих других, случаях интегральных схем позволяет намного изящнее решить техническую задачу, собрать аппарат, за изготовление которого на дискретных элементах радиолюбитель бы просто не взялся. Миниатюризация, использование интегральных схем — генеральное направление в радиоэлектронике. Естественно, радиолюбители в своем творчестве не могут стоять в стороне от этого направления. Поэтому не случайно журнал «Радио» стремится популяризировать интегральные схемы. И в ряде конструкций, предлагаемых в данном сборнике, также находят применение эти современные элементы, в том числе в разработках, предназначенных для начинающих радиолюбителей.

Сборник содержит шесть глав, в каждой из них— статьи одного из направлений радиолюбительского творчества. Читатель найдет здесь описания радиоприемников различной сложности, конструкции по телевизионной тематике. Весьма разнообразно представлены звукотехнические устройства и измерительные приборы. Не забыты и те, кто увлекается связью на коротких и ультракоротких волнах, «охотой на лис» (или, как теперь все чаще говорят, спортивным радиопеленгированием). Последняя глава посвящена электронным устройствам автоматики.

В заключение хотелось бы выразить надежду, что читатели творчески отнесутся к приведенным в сборнике конструкциям, не только будут повторять заинтересовавшее их устройство, но и создадут на его основе более совершенное.

Отзывы по сборнику просьба направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Главный редактор журнала «Радио»
А. ГОРОХОВСКИЙ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

РАДИОПРИЕМНИКИ

РЕФЛЕКСНЫЙ ПРИЕМНИК НА МИКРОСХЕМЕ К1УС181Б

Простой рефлексный приемник на одной микросхеме предложил юным читателям журнала В. Борисов. Принципиальные схемы этого приемника и использованной в нем микросхемы показаны на рис. 1-1.

Микросхема К1УС181Б (серии К118) представляет собой двухкаскадный усилитель с непосредственной (гальванической) связью между транзисторами и отрицательной обратной связью по току между каскадами, стабилизирующей его работу. Коэффициент усиления микросхемы на частоте 12 кГц не менее 400, на частоте 5 МГц — не менее 30. Это значит, что ее можно использовать как для усиления колебаний ВЧ, так и колебаний НЧ, что и сделано в описываемом приемнике.

Номинальное напряжение питания микросхемы 6,3 В.

Входной настраиваемый контур магнитной антенны $Ан_1$ приемника образуют катушка L_1 и конденсатор переменной емкости C_1. Высокочастотный модулированный сигнал радиостанции, на которую настроен входной контур, через катушку связи L_2 поступает на вход микросхемы $МС_1$ (вывод *3*). Роль высокочастотной нагрузки микросхемы выполняет катушка L_3 высокочастотного трансформатора. С катушки L_4 этого трансформатора сигнал ВЧ поступает к детектору на диоде $Д_1$. Выделенный детектором сигнал звуковой частоты подается через электролитический конденсатор C_8 и катушку связи L_2 на входной вывод *3* микросхемы. При этом микросхема выполняет еще и роль усилителя НЧ, нагрузкой которого является телефон $Тф_1$, подключенный через конденсатор C_6 к выводу *12*. А чтобы в телефон не попадали колебания ВЧ, этот вывод микросхемы зашунтирован по высокой частоте конденсатором C_4.

Конденсатор C_5 улучшает условия работы приемника при частично разрядившейся батарее питания $Б_1$, когда ее внутреннее сопротивление увеличивается. Конденсатор C_2 совместно с резистором микросхемы (4 кОм) образует развязывающий фильтр, предотвращающий возбуждение усилителя из-за паразитной обратной связи между транзисторами микросхемы через общий источник питания. Конденсатор C_3 устраняет отрицательную обратную связь по переменному току между каскадами микросхемы.

Детали приемника (кроме микросхемы): конденсаторы C_4 и C_7 типов КЛС, К10-7; C_3, C_5 и C_6—К50-6; C_1—КПК-2 или любой другой односекционный конденсатор переменной емкости; резистор R_1 типа МЛТ-0,25; диод $Д_1$ серии Д9 или Д2 с любым буквенным индексом. Телефон $Тф_1$ малогабаритный ушной типа ТМ-2М (можно заменить телефонным капсюлем ДЭМ-4М).

Для магнитной антенны использован стержень из феррита марки 400НН (можно 600НН) диаметром 8 мм и длиной 60—100 мм (зависит от габаритов корпуса приемника). Если приемник рассчитывается на средневолновый диапазон, катушка L_1 контура магнитной антенны должна содержать 65—75 витков провода ПЭВ-1 0,12—0,15, а катушка L_2, которую наматывают поверх катушки L_1, —3—4 витка такого же провода. Каркасом катушки L_1 служит бумажная гильза. Для приема радиостанций длинноволнового диапазона катушка L_1 должна содержать 200—220 витков такого же провода, намотанных на каркасе четырьмя-пятью секциями, а катушка L_2 8—10 витков, размещенных между секциями катушки L_1.

Катушки L_3 и L_4 высокочастотного трансформатора намотаны на концевом сердечнике из феррита марки 600НН с внешним диаметром 8 мм. Катушка L_3 содержит 80 витков, катушка L_4 — 70 витков провода ПЭВ-1 0,1—0,12. Предварительно ребра кольца следует притупить наждачной бумагой, чтобы при намотке катушек не попортить изоляцию провода.

Источником питания приемника служит батарея напряжением 6 В, составленная из четырех последовательно соединенных элементов 316, 322 или пяти аккумуляторов Д-0,1.

Ток, потребляемый приемником от источника, не превышает 3 мА. Это значит, что батарея, составленная из гальванических элементов, будет практически работать в течение всего установленного для нее срока хранения. Работоспособность приемника сохраняется до снижения напряжения батареи до 4,5 В.

Внешний вид монтажной платы приемника и деталей его входного контура, а также схема соединения деталей на плате показаны на рис. 1-2. Монтажная плата выполнена печатным методом из фольгированного стеклотекстолита. Изолирующие участки в фольге между токонесущими проводниками прорезаны резаком из отрезка ножовочного полотна. Монтажную плату вместе с деталями входной цепи и батареей питания можно разместить в готовом корпусе для малогабаритного транзисторного приемника.

Приемник, как правило, начинает работать сразу после включения питания и настройки его входного контура на местную или отдаленную радиовещательную станцию. Если, однако, он самовозбуждается, это указывает на необходимость поменять местами выводы катушки связи L_2, катушки L_3 высокочастотного трансформатора или изменить расположение этого трансформатора относительно магнитной антенны.

Границу высокочастотного участка диапазона волн, перекрываемого приемником, устанавливают положением катушки L_1 контура магнитной антенны на ферритовом стержне.

Какие изменения и дополнения можно внести в приемник?

Микросхему К1УС181Б можно заменить аналогичной ей микросхемой К1УС221Б. При этом надо только

изменить «рисунок» печатной платы с учетом конструктивных особенностей этой микросхемы.

Приемник может быть с фиксированной настройкой на местную радиовещательную станцию. В таком случае надо в контур магнитной антенны вместо конденсатора переменной емкости C_1 включить керамический или слюдяной конденсатор соответствующей емкости.

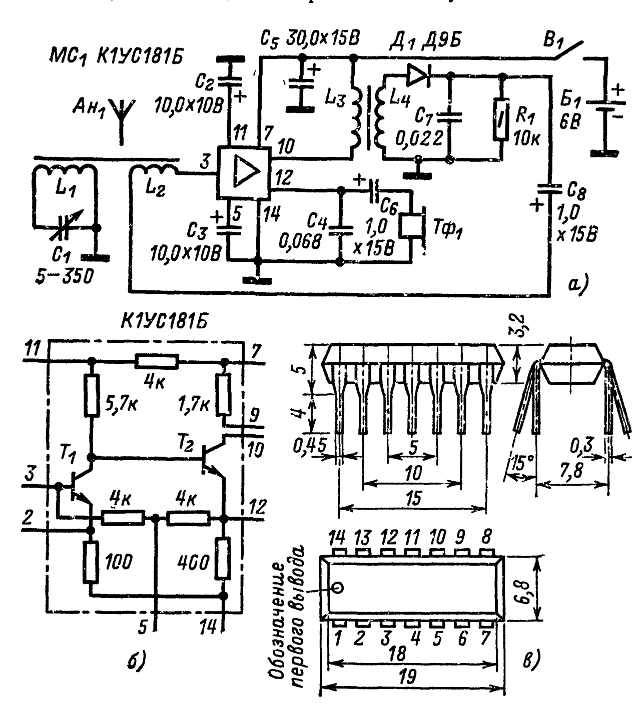


Рис. 1-1. Принципиальная схема рефлексного приемника (*а*); схема (*б*) и конструкция (*в*) микросхемы К1УС181Б.

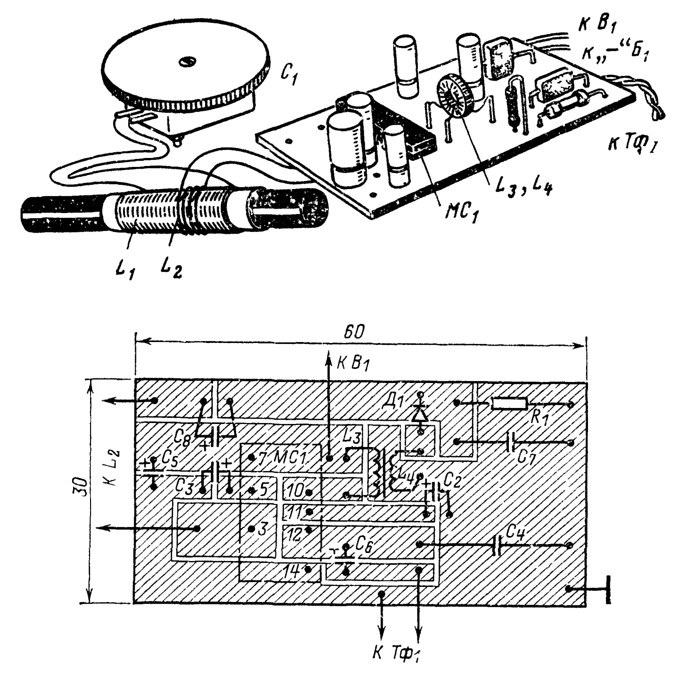


Рис. 1-2 Монтажная плата приемника и соединения деталей на ней.

При этом приемник может стать двухконтурным, отчего резко возрастут его избирательность и чувствительность. Для этого параллельно катушке L_3 высокочастотного трансформатора надо подключить конденсатор такой емкости, который бы совместно с этой катушкой образовал колебательный контур, настроенный, как и входной контур L_1C_1, на волну местной радиовещательной станции.

К приемнику можно добавить усилитель, повышающий мощность низкочастотного сигнала до 100—120 мВт. Принципиальная схема и внешний вид такой усилительной приставки показаны на рис. 1-3. Питание приемника с приставкой осуществляется от батареи напряжением 9 В, например от гальванической «Крона» или аккумуляторной 7Д-0,1. Резистор R_5 гасит избыточное для микросхемы напряжение батареи.

С выхода микросхемы низкочастотный сигнал подается через конденсатор C_6 на базу входного транзистора T_1 приставки. Транзисторы T_2 и T_3 образуют бестрансформаторный двухтактный усилитель мощности, нагруженный на динамическую головку $Гр_1$.

Вместо транзистора КТ315А можно применить транзисторы серий КТ315, КТ301, КТ312, МП38 с коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$ не менее 50. Транзистор T_2 МП35—МП38, T_3 МП39—МП42 Коэффициенты $h_{21Э}$ обоих транзисторов должны быть одинаковыми или возможно близкими.

Динамическая головка $Гр_1$ 0,1ГД-6 или другая мощностью 0,1 Вт.

Налаживание приставки сводится к подбору резисторов R_3 и R_4. Сначала подбором резистора R_4 устанавливают на эмиттерах транзисторов T_2 и T_3 напряжение 4,5 В. Затем подбором резистора R_3 устанавливают заданный ток в коллекторной цепи транзистора T_2. Заменять резисторы нужно только при выключенном питании, иначе транзисторы могут выйти из строя. Кроме того, при налаживании приставки к ее выходу должна быть подключена динамическая головка.

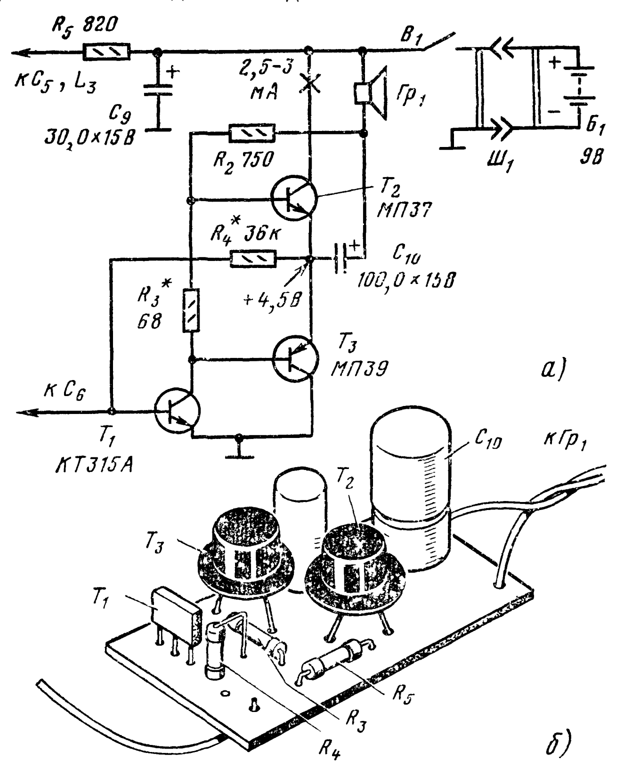


Рис. 1-3 Принципиальная схема (*а*) и внешний вид (*б*) приставки к рефлексному приемнику

СУПЕРГЕТЕРОДИН НА МИКРОСХЕМАХ СЕРИИ К224

Для радиолюбителей средней квалификации был предложен сравнительно простой супергетеродин на микросхемах серии К224, разработанный в лаборатории журнала «Радио».

Принципиальная схема этого приемника показана на рис. 1-4. В нижней части этого рисунка изображены схемы используемых микросхем. Приемник однодиапазонный, с внутренней магнитной антенной. Рассчитан на прием радиостанций средневолнового диапазона. Питается от батареи напряжением 9 В.

Выходная мощность приемника около 120 МВт, промежуточная частота 465 кГц.

В приемнике использованы три микросхемы: К2ЖА242 (MC_1), К2УС248 (MC_2) и К2УС245 (MC_3). Первая из них, содержащая два транзисторных каскада, работает в преобразователе частоты с отдельным гетеродином, вторая — в двухкаскадном усилителе ПЧ (транзисторы второго каскада включены по каскодной схеме), третья — в пятикаскадном предварительном усилителе звуковой частоты (транзисторы первого и третьего каскадов включены по схеме эмиттерного повторителя, остальные — по схеме с общим эмиттером).

В выходном двухтактном бестрансформаторном усилителе мощности работают низкочастотные маломощные германиевые транзисторы разных структур: T_1 *n-p-n*, T_2 *p-n-p*.

Катушка L_1 и конденсаторы C_1 и C_2 образуют входной контур магнитной антенны $Ан_1$, а катушка L_4 и конденсаторы C_3—C_6 — контур гетеродина. Контуры настраивают блоком конденсаторов переменной емкости C_1 и C_5. Конденсатор C_4 контура гетеродина — сопрягающий; он обеспечивает разность частот колебаний гетеродинного и входного контуров, равную промежуточной частоте приемника. Подстроечными конденсаторами C_2 и C_6 осуществляют сопряжение настроек контуров на высокочастотном конце диапазона. Конденсатор C_3 — блокировочный; его емкость во много раз больше емкости последовательно соединенных конденсаторов C_4 и C_5, поэтому он практически не влияет на частоту контура гетеродина, а лишь предотвращает замыкание постоянной составляющей тока транзистора этого каскада на «заземленный» проводник приемника.

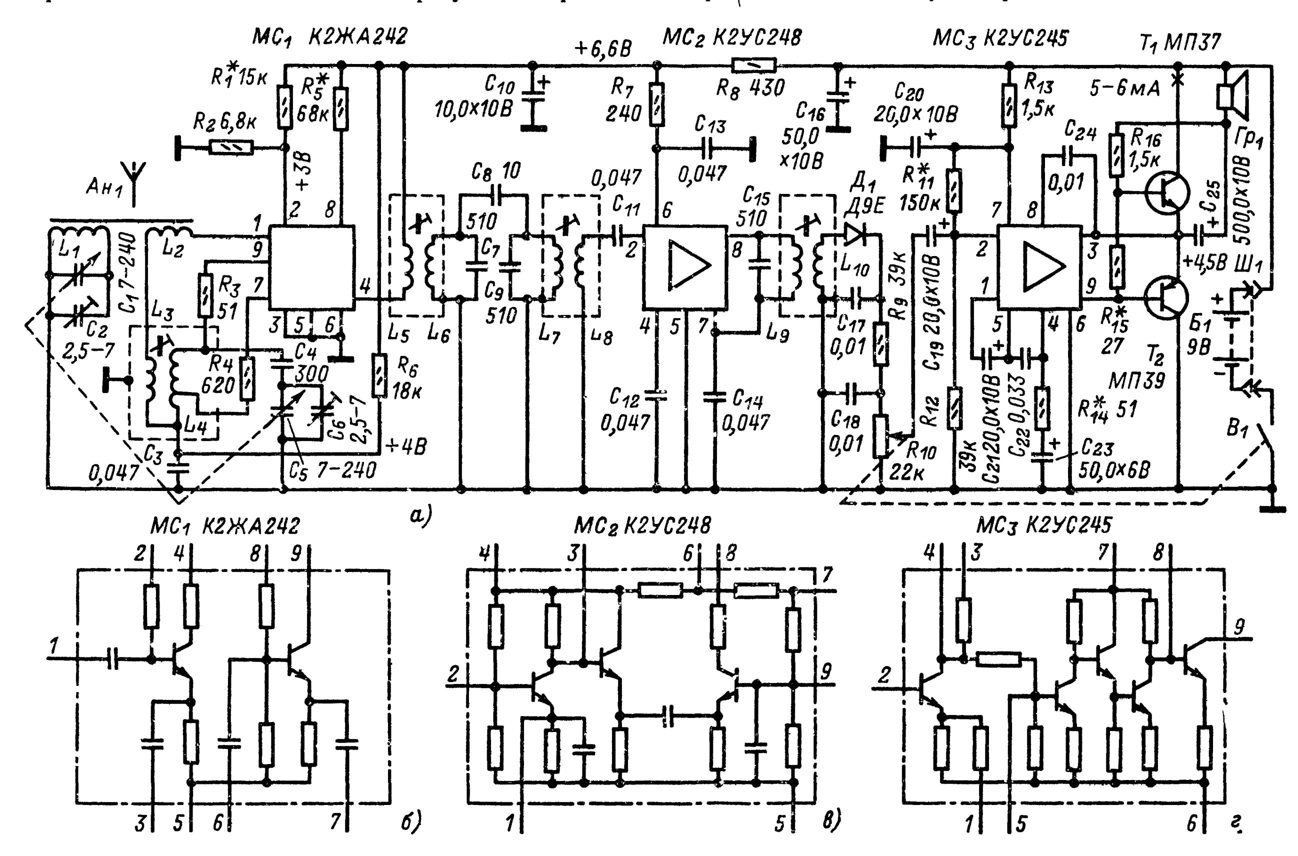


Рис. 1-4. Принципиальные схемы однодиапазонного супергетеродина (*а*) и использованных в нем интегральных микросхем (*б—г*).

Питание на электроды транзисторов микросхемы MC_1 подается: на коллектор транзистора смесительного каскада — через катушку L_5 высокочастотного трансформатора L_5L_6 и вывод *4*, на базу этого транзистора — с делителя напряжения R_1R_2 через вывод *2* микросхемы; на коллектор транзистора гетеродина—через резистор R_6, катушку L_4, резистор R_3 и вывод *9*, а на базу этого транзистора—через резистор R_5 и вывод *8*. Нижняя (по схеме) секция катушки L_4, соединенная через резистор R_4 и внутренний конденсатор микросхемы с эмиттером транзистора гетеродина, выполняет роль катушки обратной связи.

Сигнал радиостанции, на волну которой настроен входной контур приемника, через катушку связи L_2 поступает на вывод *1* микросхемы, на который через ту же катушку связи подается и сигнал гетеродина. В результате смешения сигналов радиостанции и гетеродина в выходной цепи микросхемы (вывод *4*—катушка L_5) создаются колебания промежуточной частоты 465 кГц. Контуры L_6C_7 и L_7C_9, настроенные на эту частоту, образуют полосовой фильтр ПЧ. Первый из них

через катушку L_5 связан с преобразователем частоты, второй через катушку L_8 и конденсатор C_{11} — с выводом *2* входа микросхемы MC_2. С контура L_9C_{15}, включенного в выходную цепь микросхемы (выводы *7* и *8*), усиленный сигнал ПЧ через катушку связи L_{10} подается на диод $Д_1$ для детектирования.

На транзисторы микросхемы MC_2 питание подается через развязывающий фильтр R_7C_{13}. Конденсаторы C_{12} и C_{14} совместно с внутренними резисторами микросхемы образуют дополнительные развязывающие фильтры, предотвращающие самовозбуждение усилителя ПЧ.

Переменный резистор R_{10}, являющийся нагрузкой детектора, одновременно выполняет и роль регулятора громкости. Колебания НЧ, снимаемые с его движка, через конденсатор C_{19} поступают на вход (вывод *2*) микросхемы MC_3. С вывода *1* низкочастотный сигнал, усиленный первым каскадом этой микросхемы, через электролитический конденсатор C_{21} поступает на вход (вывод *5*) второго каскада. Усиленный этим каскадом сигнал с вывода *9* подается в базовую цепь транзисторов T_1 и T_2 усилителя мощности, нагруженного (через конденсатор C_{25}) на динамическую головку $Гр_1$.

Резисторы R_{11} и R_{12} образуют делитель, с которого на базу первого транзистора микросхемы MC_3 подается начальное положительное напряжение смещения, а резистор R_{13} с конденсатором C_{20} — ячейку развязывающего фильтра. Напряжение питания на вывод *3* этой микросхемы снимается со средней точки эмиттеров транзисторов T_1 и T_2 (точка симметрии). Одновременно по этой цепи с выхода усилителя мощности на вход микросхемы MC_3 подается сигнал отрицательной обратной связи, улучшающий частотную характеристику усилителя НЧ. Глубину отрицательной обратной связи регулируют подбором резистора R_{14}. Конденсатор C_{24} создает цепь отрицательной обратной связи для высших частот усиливаемого сигнала. Подбором емкости этого конденсатора можно регулировать тембр звука.

Резистор R_{15} создает на базах транзисторов T_1 и T_2 (относительно эмиттеров) небольшое напряжение смещения, устраняющее искажения типа «ступенька» при слабом входном сигнале. Резистор R_8 и конденсатор C_{10} образуют развязывающий фильтр, предотвращающий паразитную связь между низкочастотным и высокочастотным трактами приемника через общий источник питания.

Указанные на принципиальной схеме напряжения на некоторых участках цепей приемника измерены относительно «заземленного» проводника питания вольтметром с относительным входным сопротивлением 10 кОм/В при напряжении батареи, равном 9 В.

Все детали приемника, кроме динамической головки, можно смонтировать на одной общей печатной плате с внешними размерами 130×80 мм, выполненной из фольгированного стеклотекстолита или гетинакса толщиной 2 мм. Головку $Гр_1$ типа 0,5ГД-21, определяющую размеры приемника, крепят непосредственно к лицевой стенке корпуса. Конструкция корпуса произвольная.

Внешний вид монтажной платы (со стороны деталей) показан на рис. 1-5, а разметка печатной платы (со стороны печатных проводников) и схема соединений деталей на ней — на рис. 1-6. Конденсаторы C_1, C_5 и C_2 C_6 — блок КПЕ-3 транзисторного приемника «Алмаз». Можно также использовать аналогичные блоки КПЕ от приемников «Сокол», «Старт-2», «Космонавт». Катушки L_5—L_{10} усилителя ПЧ — трансформаторы фильтров ПЧ транзисторного приемника «Соната». Их намоточные данные: L_6, L_7 и L_9 — по 99 витков провода ЛЭ 5×0,06, намотанные тремя секциями (по 33 витка в каждой секции) на унифицированных каркасах, помещенных в чашки из феррита марки 600НН диаметром 8,6 мм; L_5, L_8 и L_{10} — по 30 витков (три секции по 10 витков), намотанные проводом ПЭЛШО 0,1 поверх соответствующих им контурных катушек L_6, L_7 и L_9. Вообще же можно использовать трансформаторы ПЧ от любого другого промышленного малогабаритного транзисторного супергетеродина. Надо только в контуры включить конденсаторы C_7, C_9, C_{15} соответствующих емкостей. В контуры ПЧ, например приемника «Сокол-2», катушки которых содержат меньше витков, чем катушки контуров приемника «Соната», надо включить конденсаторы емкостью по 1000 пФ.

Катушка L_4 контура гетеродина намотана на таком же каркасе, как и катушки контуров ПЧ, и содержит 100 витков провода ПЭВ-1 0,1. Отвод сделан от 15-го витка, считая от нижнего (по схеме) вывода. Катушка L_3, намотанная поверх катушки L_4, имеет 4 витка такого же провода. Катушки L_1 и L_2 намотаны на отдельных каркасах, размещенных на стержне из феррита марки 400НН диаметром 8 и длиной 120 мм. Катушка L_1 содержит 75 витков, L_2 — 8 витков провода ПЭВ-1 0,12. Ферритовый стержень укреплен на плате нитками, под концы стержня подложены амортизирующие резинки.

Все электролитические конденсаторы типа К50-6, неэлектролитические конденсаторы постоянной емкости — КС, КЛС, резисторы — МЛТ-0,25 или МЛТ-0,5; переменный резистор R_{10}, объединенный с выключателем питания B_1, типа СПЗ-3б.

Коэффициенты передачи тока $h_{21э}$ транзисторов T_1 и T_2 должны быть не менее 40. Их желательно подобрать с возможно близкими параметрами $h_{21э}$ и $I_{КБО}$.

Микросхемы имеют по девять гибких выводов шириной 0,5 и длиной 7 мм, расположенных на расстоянии 2,5 мм. Их выводы изогнуты, пропущены через отверстия, просверленные в плате в шахматном порядке, и снизу припаяны к токонесущим проводникам платы.

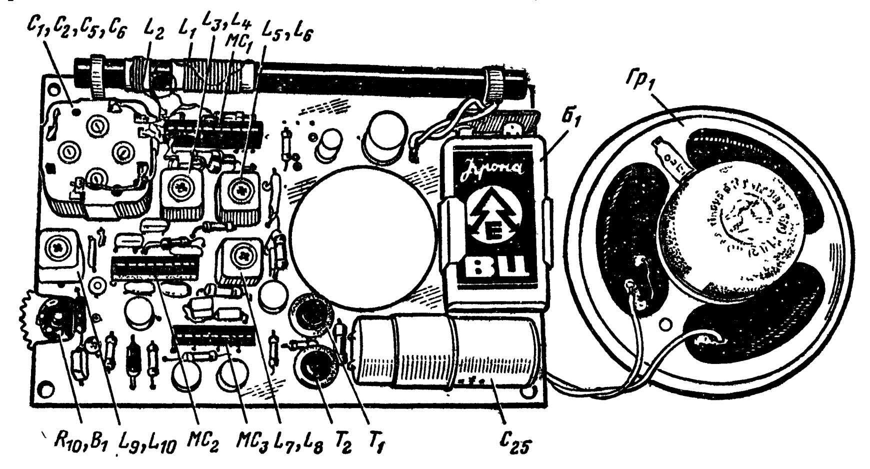


Рис. 1-5. Монтажная плата приемника.

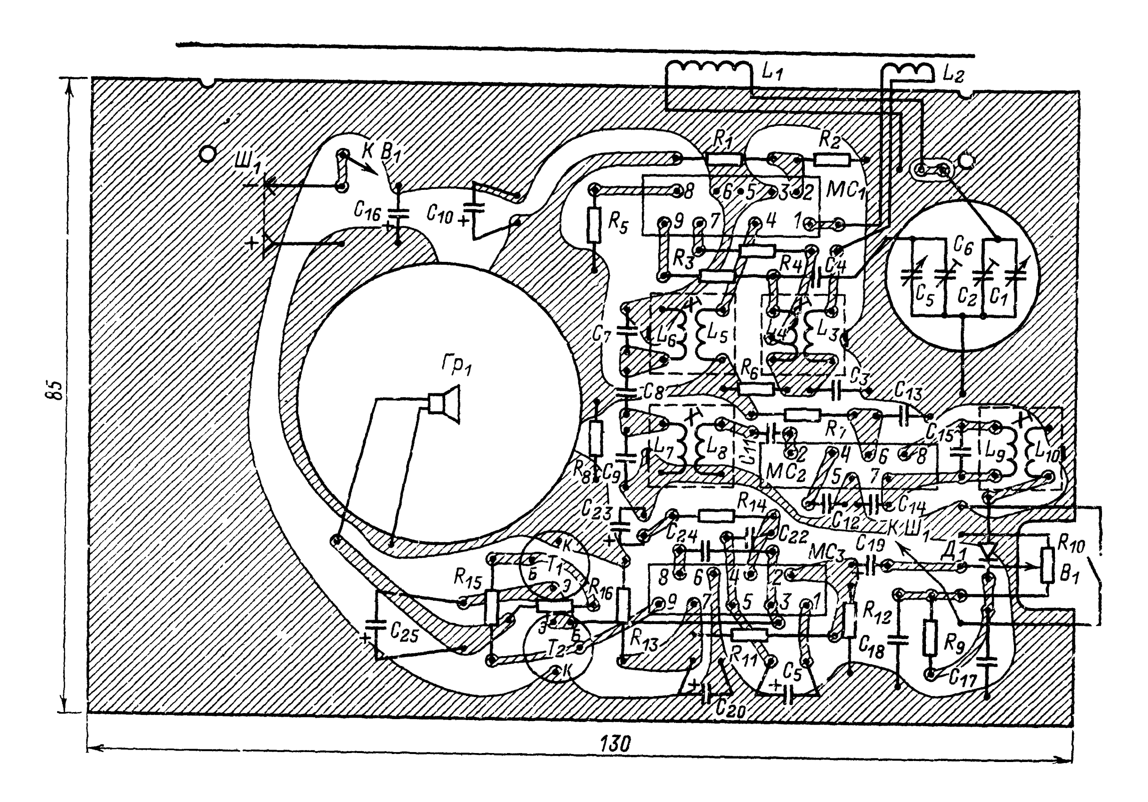


Рис. 1-6. Печатная плата и схема соединения деталей.

Расстояние между рядами отверстий может быть 4—5 мм, между центрами отверстий в рядах 5 мм. Неиспользуемые выводы (например, выводы *4* и *5* микросхем $МС_2$ и $МС_1$) целесообразно отогнуть в сторону и отверстия для них не сверлить.

Источником питания может быть батарея «Крона», аккумуляторная батарея 7Д-0,1 или две соединенные последовательно батареи 3336Л. В последнем случае придется значительно увеличить габариты корпуса приемника.

В распоряжении читателя может не оказаться именно тех деталей, для которых рассчитана показанная на рис. 1-6 печатная плата. Поэтому подобранные и проверенные детали следует предварительно разместить на листе бумаги и с учетом их конструкции и габаритов произвести соответствующую корректировку печатных проводников платы. Если нет фольгированного материала, соединения деталей на плате, изготовленной из листового гетинакса или текстолита такой же толщины, можно делать отрезками монтажного провода.

При любом виде монтажа особое внимание необходимо уделить правильности соединения выводов микросхем и транзисторов с другими деталями и полярности включения электролитических конденсаторов. Предварительно же испытать и наладить приемник можно на макетной плате, что избавит от лишних перепаек, смены деталей. Причем делать это можно раздельно, по трактам.

Убедившись в правильности монтажа, к контактам выключателя питания подключают миллиамперметр на ток 50—100 мА и таким образом измеряют общий ток, потребляемый приемником от батареи. Он не должен быть больше 25—30 мА.

Ток коллекторной цепи транзисторов T_1 и T_2, соответствующий 5—6 мА, устанавливают подбором резистора R_{15}, а напряжение 4,5 В в точке симметрии выходного каскада — подбором резистора R_{11}. При замене резистора R_{15} источник питания обязательно должен быть выключен, иначе может произойти тепловой пробой транзисторов выходного каскада.

Качество работы низкочастотного тракта можно проверить с помощью генератора сигналов звуковой частоты или путем воспроизведения грамзаписи. Выход генератора или звукоснимателя присоединяют к крайним выводам резистора R_{10}, предварительно отключив от него резистор R_9 и конденсатор C_{18}. При подаче сигнала генератора или проигрывании грампластинки звук в головке должен быть достаточно громким, неискаженным и плавно изменяться при вращении регулировочного диска переменного резистора R_{10}. Если при слабом входном сигнале появляются заметные на слух искажения, их устраняют увеличением сопротивления резистора R_{15}.

Искажения при значительном уровне входного сигнала устраняют подбором резистора R_{14} меньшего номинала, увеличивая тем самым глубину отрицательной обратной связи.

Микросхема $МС_2$ подгонки режимов работы ее транзисторов не требует. Надо только проверить, подается ли напряжение (около 6,5 В) на ее вывод *6*.

Напряжение на выводе *2* микросхемы $МС_1$, равное 3—3,2 В, устачавливают подбором резистора R_1. Затем резистор R_5 в базовой цепи транзистора гетеродина заменяют переменным резистором на 100—150 кОм и постепенно уменьшают его сопротивление до появления в головке (или головных телефонах, подключенных к резистору R_{10}) звука, напоминающего щелчок. Этот звук — признак порога возбуждения гетеродина. Сопротивление впаиваемого резистора R_5 должно быть на 15—20 кОм меньше сопротивления введенной части временно включенного вместо него переменного резистора. Дополнительно генерацию гетеродина можно проверить с помощью миллиамперметра, включенного между резистором R_6 и плюсовым проводником источника питания. При замыкании выводов катушки L_4 контура гетеродина, когда генерация срывается, миллиамперметр должен показывать возрастающий ток.

После этого приемник настраивают на какую-либо радиостанцию или радиомаяк и подстройкой контуров ПЧ, начиная с контура L_9C_{15}, добиваются наибольшей громкости приема этой станции.

Приступая к сопряжению гетеродинного и входного контуров, роторы блока КПЕ устанавливают в положение, соответствующее максимальной емкости его конденсаторов, и только подстроечным сердечником катушки L_4 контура гетеродина приемник настраивают на одну из радиостанций низкочастотного участка диапазона. Затем, не изменяя положения роторов блока КПЕ, перемещением катушки L_1 по ферритовому стержню добиваются наибольшей громкости приема той же станции. После этого роторы блока КПЕ устанавливают в положение, соответствующее минимальной емкости конденсаторов, и подстроечным конденсатором C_6 гетеродинного контура настраивают приемник на одну из станций высокочастотного участка диапазона. Затем подстроечным конденсатором C_2 контура магнитной антенны добиваются наибольшей громкости приема этой же станции.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК

Для автолюбителей, являющихся к тому же еще и радиолюбителями, чьи легковые автомобили еще не имеют радиотехнического оснащения, москвич М. Румянцев разработал приемник, схема которого изображена на рис. 1-7. Это двухдиапазонный супергетеродин, рассчитанный на прием радиовещательных станций, работающих в диапазонах СВ 187—571,4 м (1605—525 кГц) и КВ 25—49 м (12,1—5,95 МГц) волн. По своим параметрам он аналогичен таким выпускаемым промышленностью приемникам, как, например, «А-370» и «А-370М», и может быть установлен в автомобилях «Москвич» и «Жигули». Чувствительность приемника при выходной мощности 50 мВт и отношении сигнал/шум 20 дБ в диапазоне СВ не хуже 50 мкВ, а в диапазоне КВ около 20 мкВ. Избирательность приемника по соседнему высокочастотному каналу при расстройке на ±10 кГц 40 дБ. Система АРУ обеспечивает изменение напряжения на выходе приемника не более чем на 10 дБ при изменении входного сигнала на 40 дБ. Промежуточная частота 465 кГц. Номинальная выходная мощность усилителя НЧ приемника 1,5 Вт при коэффициенте гармоник 7%. Полоса рабочих частот от 100 до 3700 Гц. Питается приемник от бортовой сети автомобиля, потребляя от его аккумуляторной батареи ток не более 250 мА. Размеры приемника 175×155×55 мм, масса 1,5 кг.

Радиоприем осуществляется на штыревую антенну, установленную на кузове автомобиля. От нее высокочастотный модулированный сигнал через разъем $Ш_1$, разделительный конденсатор C_1 и контакты группы *а* переключателя диапазонов B_1 поступает при приеме КВ радиостанций на контур $L_1C_2C_7$, при приеме СВ радиостанций — на контур $L_2C_2C_8$. Конденсатор переменной емкости C_2, входящий в оба контура, является элементом плавной настройки входного контура. Во время приема станций диапазона КВ контур диапазона СВ замкнут накоротко контактами группы *а* переключателя B_2. Через отводы контурных катушек, включенных по автотрансформаторной схеме, контакты группы *б* переключателя B_1 и конденсатор C_{10} принятый сигнал поступает на вход усилителя ВЧ.

Усилитель ВЧ приемника однокаскадный. В нем работает транзистор T_2, нагруженный на резистор R_9 и высокочастотный дроссель $Др_1$. Этот дроссель является корректирующим элементом. Благодаря ему удалось получить практически равномерное усиление каскада в широком диапазоне частот. С нагрузки $R_9Др_1$ усиленный сигнал через разделительный конденсатор C_{15} подается на вход преобразователя частоты.

Преобразователь частоты приемника — с отдельным гетеродином. В его гетеродине работает транзистор T_1,

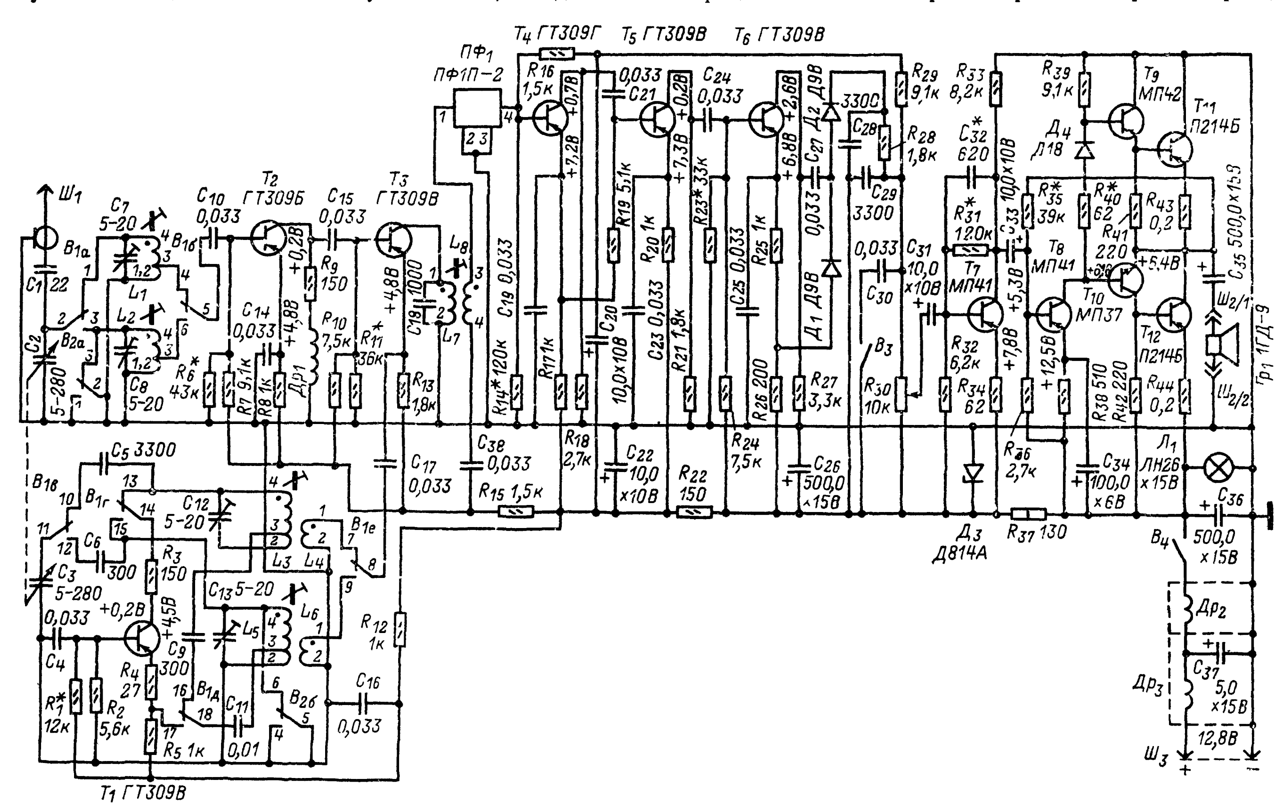


Рис. 1-7. Принципиальная схема автомобильного приемника.

в смесителе — транзистор T_3. Коротковолновый контур гетеродина образуют катушка L_3 и конденсаторы C_3, C_5 и C_{12}, а средневолновый — катушка L_5 и конденсаторы C_3, C_6 и C_{13}. Они включены по схеме индуктивной обратной связи с транзистором. Во время приема станций КВ диапазона гетеродинный контур СВ диапазона замкнут контактами группы *б* переключателя B_2. Напряжение гетеродина через катушки связи L_4 (в диапазоне КВ) или L_6 (в диапазоне СВ), контакты группы *е* переключателя B_1 и конденсатор C_{17} поступает в цепь эмиттера смесительного транзистора T_3.

Нагрузкой преобразовательного каскада служит контур L_7C_{18}, настроенный на частоту 465 кГц. Через катушку L_8 он индуктивно связан со входом пьезокерамического фильтра $ПФ_1$, обеспечивающего избирательность приемника по соседнему каналу. С выхода этого фильтра сигнал промежуточной частоты поступает непосредственно на базу транзистора T_4 первого каскада усилителя ПЧ приемника.

Усилитель ПЧ — трехкаскадный. Во втором его каскаде работает транзистор T_5, в третьем — T_6. Роль нагрузок транзисторов выполняют резисторы R_{18}, R_{21} и R_{27}. Связь между каскадами усилителя емкостная (через конденсаторы C_{21} и C_{24}). С выхода усилителя сигнал ПЧ подается к детектору.

Детектор приемника выполнен на диодах $Д_1$ и $Д_2$, включенных по схеме умножения выходного напряжения. Нагрузкой детектора служит переменный резистор R_{30}, выполняющий одновременно и роль регулятора громкости. С него же снимается и управляющее напряжение АРУ, которое через фильтр $R_{29}C_{20}R_{16}$ подается на базу транзистора T_4 первого каскада усилителя ПЧ. Через движок резистора R_{30} и конденсатор C_{31} сигнал звуковой частоты, выделенный детектором, подается на вход усилителя НЧ.

Усилитель НЧ приемника четырехкаскадный, с двухтактным бестрансформаторным выходом. В его двух каскадах предварительного усиления напряжения работают транзисторы T_7 и T_8, в усилителях мощности — транзисторы T_{11} и T_{12}. Транзисторы T_9 и T_{10} разных структур усиливают соответственно отрицательные и положительные полуволны напряжения и обеспечивают транзисторам усилителя мощности двухтактный режим работы. Нагрузкой усилителя НЧ служит динамическая головка $Гр_1$ типа 1ГД-9, подключенная к его выходу через конденсатор C_{35}.

В приемнике имеется ступенчатая регулировка тембра по высшим звуковым частотам. Она осуществляется переключателем B_3, подключающим параллельно нагрузке детектора R_{30} конденсатор постоянной емкости C_{30}.

Питание на транзисторы T_1—T_7 подается через стабилизатор напряжения, образованный стабилитроном $Д_3$, резистором R_{37} и конденсатором C_{26}. Ячейки $R_{22}C_{22}$ и $R_{15}C_{38}$ — развязывающие фильтры, предотвращающие самовозбуждение приемника из-за возможных паразитных обратных связей через общую цепь питания. Дроссели $Др_2$, $Др_3$ и конденсаторы C_{36}, C_{37} образуют двухзвенный фильтр, устраняющий помехи от системы зажигания двигателя автомобиля.

В приемнике используются в основном широко распространенные стандартные детали: конденсаторы C_2 и C_3—сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости типа КП4-5, подстроечные конденсаторы C_7, C_8, C_{12} и C_{13}—КПК-МП и КПК-МП-3, постоянные конденсаторы — КТ-1а, К10-7В, КЛС или КМ, электролитические конденсаторы — К50-6. Переменный резистор R_{30} типа СП3-4В с выключателем питания, постоянные резисторы, кроме R_{43} и R_{44} — ВС-0,125 или МЛТ-0,25 (R_{37} типа МЛТ-1). Переключатель диапазонов кнопочный типа П2К. Он содержит три кнопки: две с зависимой фиксацией (B_1, B_2) и одну с независимой (B_3). Пьезокерамический фильтр $ПФ_1$ ПФ1П-2.

Указанные на принципиальной схеме транзисторы можно заменить аналогичными. Так, например, вместо транзисторов ГТ309В можно использовать высокочастотные транзисторы ГТ322, ГТ313, ГТ309 с любыми буквенными индексами. Транзистор МП41 можно заменить транзисторами МП42, П25, П26; МП37 — транзистором МП38; П214 — транзисторами П213—П217 с

Таблица 1-1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Каркас	Сердечник
L_1	16,25, отвод от 2,5	ПЭЛШО 0,23	Унифицированный, ⌀ 7×21 мм	М100НН-2-СС 2,8×12
L_2	50×4, отвод от 19	ПЭВ-1 0,1	Унифицированный, 4-секционный	М600НН-2-СС 2,8×12
L_3 L_4	15,5, отвод от 2 1,5	ПЭЛШО 0,23 ПЭВ-1 0,1	Унифицированный, ⌀ 7×21 мм	М100НН-2-СС 2,8×12
L_5 L_6	29×3, отвод от 3 4,5	ПЭВ-1 0,1 ПЭВ-1 0,1	Унифицированный, 3-секционный	Броневой 600НН (2 чашки 8,6×4 мм); М600НН-2-СС 2,8×12
L_7 L_8	72 35	ПЭВ-1 0,1 ПЭВ-1 0,1	Унифицированный, 3-секционный	Броневой 600НН (2 чашки 8,6×4 мм); М600НН-2-СС 2,8×12
$Др_1$	30	ПЭВ-1 0,15	Резистор МЛТ-0,5 1 кОм	—
$Др_2$, $Др_3$	160	ПЭВ-1 0,51	⌀ 10 ⌀ 25×20 мм	—

Примечание. Катушку L_4 наматывают вплотную к катушке L_3, L_6 наматывают в верхней секции катушки L_5.

любым буквенным индексом. Желательно, чтобы транзисторы T_9, T_{10} и T_{11}, T_{12} были подобраны попарно с разбросом параметров $h_{21Э}$ и $I_{КБО}$, не превышающим 15%. Пьезокерамический фильтр П1ФП-2 ($ПФ_1$) можно заменить фильтром ПФ1П-1М или ПФ1П-023. Динамическую головку 1ГД-9 можно заменить на 1ГД-36, 1ГД-37 или 1ГД-40 с резонансной частотой 100 Гц.

Намоточные данные контурных катушек и дросселей приемника приведены в табл. 1-1. Для контурных

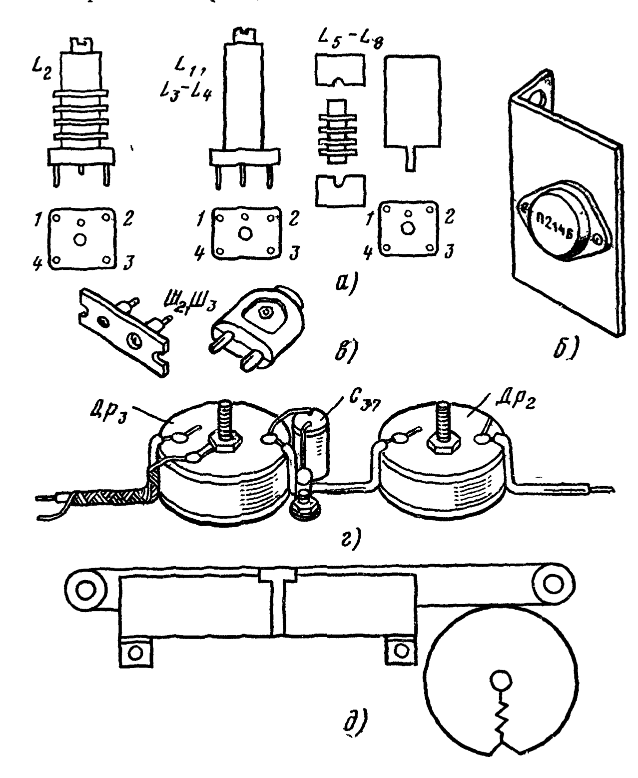


Рис. 1-8. Конструкции некоторых деталей и узлов приемника.

а — каркасы контурных катушек; б—теплоотвод выходных транзисторов; в — самодельный разъем; г — фильтр в цепи источника питания; д — кинематическая схема верньерного устройства.

катушек использованы унифицированные каркасы (рис. 1-8, а).

Высокочастотный разъем $Ш_1$ — антенный для телевизора. Разъемы $Ш_2$ и $Ш_3$ самодельные (рис. 1-8, в), с контактами разного диаметра, что обеспечивает правильную полярность включения питания и динамической головки громкоговорителя.

Бóльшая часть деталей приемника смонтирована на печатной плате размерами 165×150 мм, выполненной из фольгированного гетинакса (или стеклотекстолита) толщиной 1,5 мм. Чертеж платы и схема соединения деталей показаны на рис. 1-9. На готовой плате установлены вертикально латунные экраны (на рис. 1-9 обозначены штриховыми линиями), отделяющие детали усилителя ПЧ от усилителя НЧ и гетеродина.

Внешний вид готового приемника и схема размещения деталей в его корпусе показаны на рис. 1-10. Корпус изготовлен из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм. На его передней стенке укреплены блок конденсаторов переменной емкости C_2, C_3 с деталями верньерного устройства (рис. 1-8, д), регулятор громкости с выключателем питания, лампочки подсвета и шкала с наличником. Шкала изготовлена из органического стекла толщиной 2 мм, а наличник — из алюминия толщиной 1 мм. Надписи выполнены методом гравировки.

Транзисторы T_{11} и T_{12} установлены на алюминиевые угольники (см. рис. 1-8, б), выполняющие роль теплоотводов, которые через слюдяные прокладки и шайбы укреплены на задней стенке корпуса. Дроссели и конденсаторы фильтра питания помещены в экран и установлены на правой боковой стенке корпуса.

Налаживание приемника начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току. Указанные на схеме рекомендуемые напряжения на электродах транзисторов (относительно минусового проводника питания) можно измерить вольтметром с относительным входным сопротивлением не менее 10 кОм/В. Затем подбором резистора R_{35} добиваются равенства напряжений на транзисторах T_{11} и T_{12}, а подбором резистора R_{40} — тока покоя транзисторов этого каскада в пределах 4—6 мА.

Качество работы усилителя НЧ можно проверить, подавая на его вход (переменный резистор R_{30}) сигнал звуковой частоты от радиотрансляционной сети (через делитель напряжения) или звукоснимателя.

Проверку и налаживание тракта ПЧ начинают с определения собственной частоты пьезокерамического фильтра $ПФ_1$. Для этого подстроечный сердечник катушки L_7 ставят в среднее положение и на базу транзистора T_3 преобразователя частоты от генератора ВЧ через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ подают сигнал промежуточной частоты. Изменяя ее в обе стороны от частоты 465 кГц, по максимальному напряжению на выходе приемника находят собственную частоту настройки фильтра. Определив ее, на эту же частоту подстроечным сердечником катушки L_7 настраивают контур L_7C_{18}, добиваясь максимального напряжения на выходе приемника. После настройки контур L_7C_{18} можно зашунтировать резистором сопротивлением 10—15 кОм, что несколько увеличит полосу пропускания при одновременном снижении неравномерности усиления в полосе пропускания усилителя ПЧ.

Приступая к налаживанию высокочастотной и входной цепей, сначала проверяют работоспособность усилителя ВЧ и гетеродина в каждом из диапазонов приемника, затем устанавливают границы диапазонов и сопрягают настройки входных и гетеродинных контуров. При этом пользуются эквивалентом автомобильной антенны, схема которого приведена на рис. 1-11, или непосредственно антенной и соединительным кабелем, которые будут установлены в автомобиле.

Настройку начинают с контуров диапазона СВ. Для этого блок конденсаторов настройки C_2, C_3 ставят в положение максимальной емкости. На разъем $Ш_1$ антенного входа приемника с генератора ВЧ подают сигнал, соответствующий низшей частоте СВ диапазона, и подстроечным сердечником катушки L_5 настраивают контур $L_5C_{13}C_6$.

После этого желательно подстроечным сердечником катушки L_2 произвести предварительную настройку входного контура $L_2C_8C_2$ и еще раз уточнить настройку контура гетеродина. Затем аналогичные операции проводят на высокочастотном конце диапазона, но пользуясь только подстроечными конденсаторами: C_{13} контура гетеродина и C_8 входного контура. Закончив укладку границ СВ диапазона, подстроечным сердечником катушки L_2 и подстроечным конденсатором C_8 производят сопряжение настроек входного и гетеродинного контуров.

Аналогично настраивают гетеродинный и входной контуры КВ диапазона приемника, пользуясь соответствующими подстроечными сердечниками катушек и подстроечными конденсаторами.

Автомобильный приемник эксплуатируется в условиях с повышенной вибрацией. Поэтому подстроечные сердечники всех контурных катушек и роторы подстроечных конденсаторов должны быть тщательно зафиксированы нитрокраской. При этом нужно следить за тем,

чтобы краска не проникала в зазор между роторами и статорами конденсаторов и не изменяла установленную емкость

Для облегчения настройки на радиовещательные

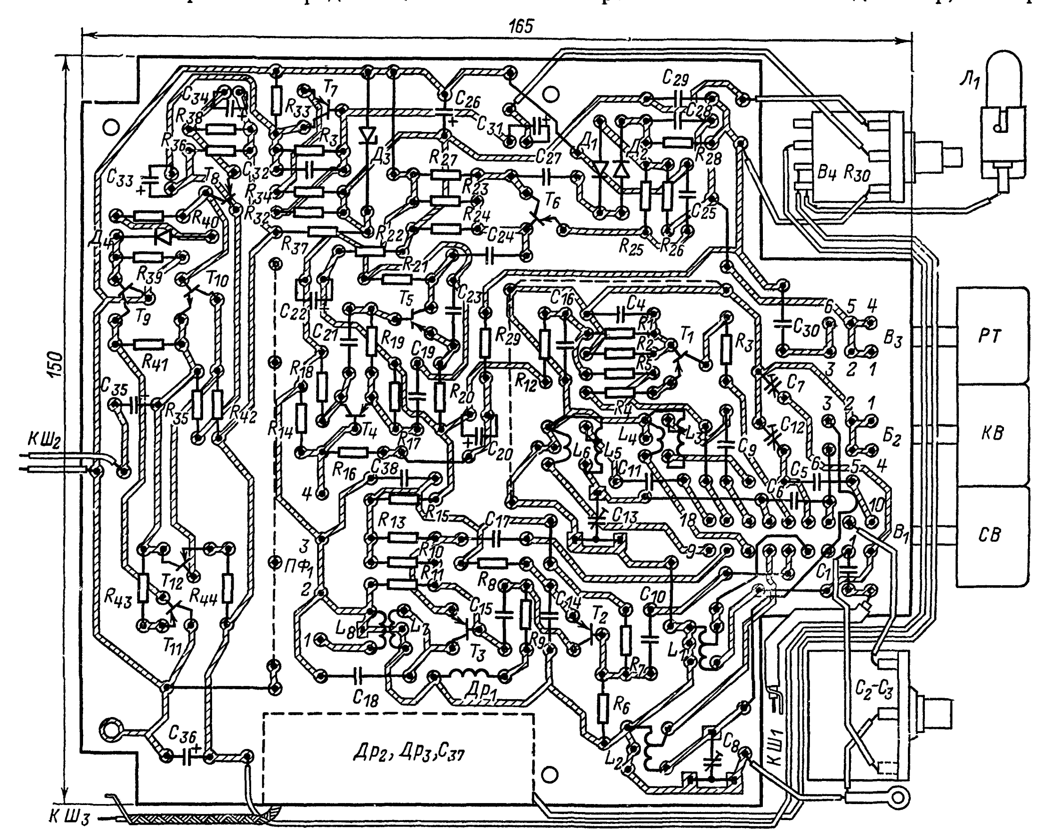


Рис. 1-9. Печатная плата и схема соединения деталей и узлов приемника.

станции КВ диапазона в гетеродинный контур можно ввести «растягивающий» конденсатор переменной емкости с максимальной емкостью 5—6 пФ, подключив его параллельно подстроечному конденсатору C_{12}.

Только ли автомобильным может быть описанный здесь приемник? Нет, конечно Он может быть как настольным стационарным, так и переносным. Приемник первого варианта можно питать от сети переменного тока через выпрямитель со стабилизатором выпрямленного напряжения. Для питания приемника второго варианта можно использовать восемь элементов 373, соединив их последовательно. В обоих случаях надобность в двухзвенном фильтре в цепи питания отпадает. Электролитический же конденсатор, который будет

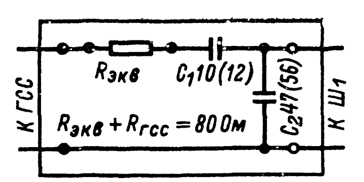


Рис 1-11. Эквивалент антенны (в скобках указана емкость конденсаторов для автомобиля «Москвич», без скобок — для автомобиля «Жигули»).

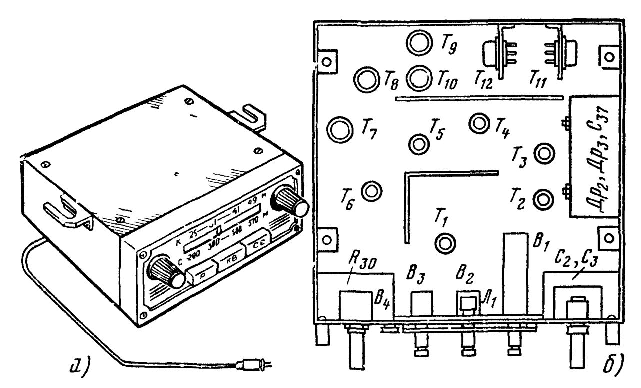


Рис 1-10 Внешний вид автомобильного приемника (*а*) и схема размещения деталей в корпусе (*б*).

шунтировать источник питания по переменной составляющей тока звуковой частоты, целесообразно сохранить. Для повышения экономичности приемника сигнальную лампу $Л_1$ следует исключить

Внешнее оформление любого из этих вариантов описанного приемника зависит от возможностей радиолюбителя.

ШЕСТИДИАПАЗОННЫЙ ПЕРЕНОСНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Переносный приемник, внешний вид которого показан на рис 1-12, разработали московские радиолюбители Н Зыков, А Резников и М. Туликов. На Всесоюзной выставке радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ его авторам присужден второй приз.

Радиоприемник рассчитан на прием программ радиовещательных станций, работающих в диапазоне

средних волн 186,9—571,4 м (1605—525 кГц) и пяти растянутых коротковолновых поддиапазонов КВI 25,0—25,64 м (12,0—11,7 МГц); КВII 30,6—31,57 м (9,75—9,5 МГц); КВIII 40,5—42,85 м (7,4—7,0 МГц); КВIV 47,6—50,8 м (6,3—5,85 МГц) и КВV 52—75 м (5,7—3,15 МГц).

Реальная чувствительность приемника в диапазоне СВ при работе на внутреннюю магнитную антенну 0,6 мВ/м и отношении сигнал/шум 20 дБ, в диапазоне

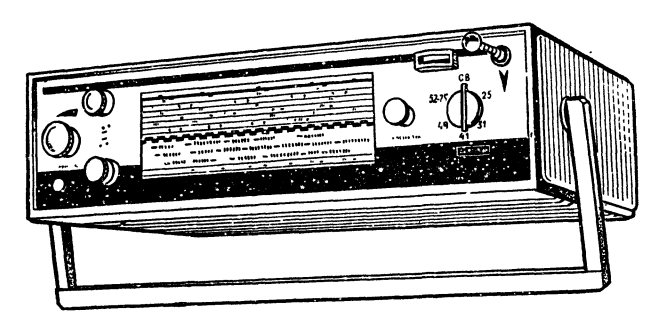


Рис. 1-12. Внешний вид шестидиапазонного переносного приемника.

КВ при работе на телескопическую антенну не хуже 50 мкВ. Избирательность по соседнему каналу при расстройке на ±10 кГц не хуже 50 дБ, по зеркальному каналу в диапазоне СВ 30 дБ, в диапазоне КВ 12 дБ. Система АРУ работает таким образом, что при изменении напряжения на входе приемника на 40 дБ напряжение на его выходе меняется не более чем на 6 дБ.

Номинальная выходная мощность усилителя НЧ приемника 1 Вт при коэффициенте гармоник не более 5%, максимальная выходная мощность 2 Вт. Полоса рабочих частот от 80 до 6000 Гц.

Питание приемника осуществляется от батареи напряжением 9 В, составленной из шести элементов 373. Ток покоя, потребляемый от источника тока, 27—30 мА, в режиме максимальной мощности — до 400 мА. Масса приемника с источником питания около 4,5 кг.

Конструктивно радиоприемник выполнен в виде пяти функционально законченных блоков: усилителя ВЧ с преобразователем частоты, усилителя ПЧ, темброблока, усилителя НЧ и барабанного переключателя диапазонов с элементами входных и гетеродинных контуров.

Принципиальная схема входной цепи с барабанным переключателем и схема блока ВЧ приемника показаны на рис. 1-13. (Для каждого блока принята самостоятельная нумерация деталей.) Во входную цепь включена секция СВ барабанного переключателя диапазонов (схемы секций КВ барабанного переключателя диапазонов приведены на рис. 1-14).

Во время приема радиовещательных станций СВ диапазона входной настраиваемый контур магнитной антенны $Ан_1$ образуют катушка L_2, конденсатор переменной емкости C_1 и подстроечный конденсатор C_5. Принятый сигнал через катушку связи L_3 и конденсатор C_7, находящийся в блоке ВЧ, подается на базу транзистора T_2 высокочастотного усилителя. Для увеличения уровня входного сигнала к приемнику может быть подключена наружная антенна $Ан_2$. В этом случае связь контура $L_2C_1C_5$ с антенной индуктивная, через катушку L_1.

Для ослабления паразитного сигнала с частотой, равной (или близкой) промежуточной, в цепь магнитной антенны включен контур $L_5L_4C_3$, настроенный на эту частоту и вносящий затухание в контур СВ диапазона через катушку L_4.

Для приема радиостанции одного из КВ диапазонов во входную цепь включают соответствующую секцию барабанного переключателя. Предположим, что включена секция диапазона КВI (рис. 1-14). В этом случае входной контур приемника образуют телескопическая антенна $Ан_3$, конденсатор переменной емкости C_1, катушка L_8 и конденсаторы C_2, C_9 и C_{10}. Сигнал станции, на волну которой настроен этот контур, через катушку связи L_9 и конденсатор C_7 (см. рис. 1-13) блока ВЧ подается на вход высокочастотного усилителя.

Усилитель ВЧ приемника однокаскадный. Его амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) в области высоких частот корректируется дросселем $Др_1$. Принятый сигнал, усиленный транзистором T_2 этого каскада, снимается с коллекторной нагрузки $Др_1R_9$ и через разделительный конденсатор C_{10} поступает на вход преобразователя частоты с отдельным гетеродином.

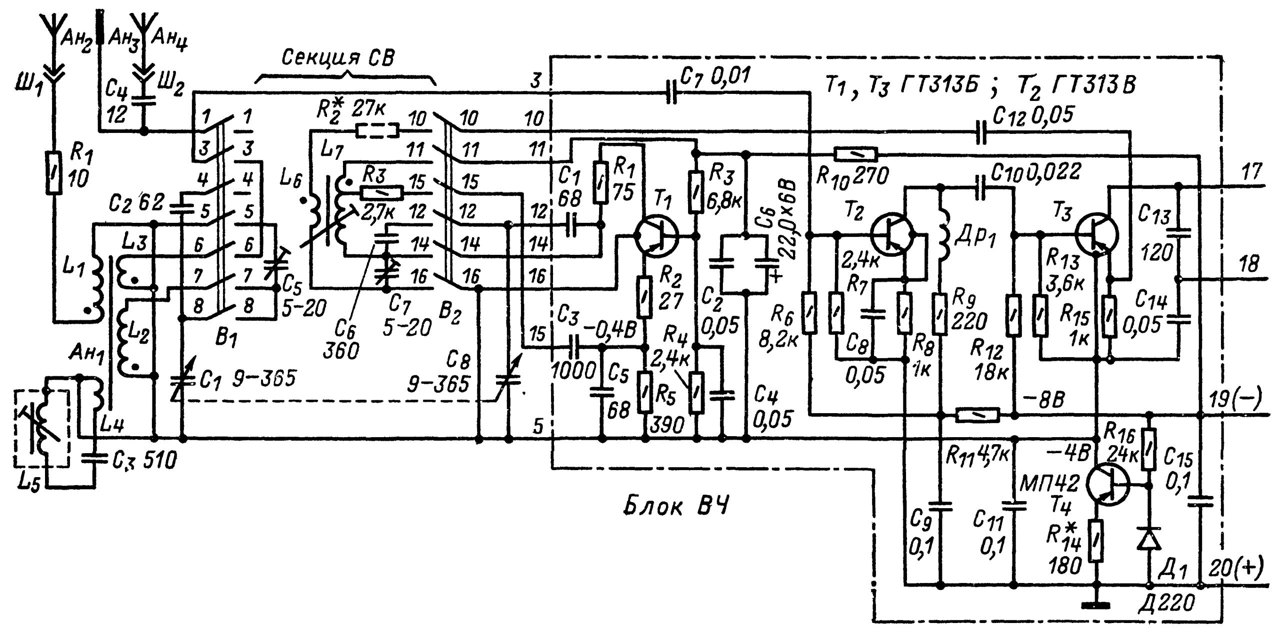


Рис. 1-13. Принципиальная схема входной цепи с барабанным переключателем и схема блока ВЧ.

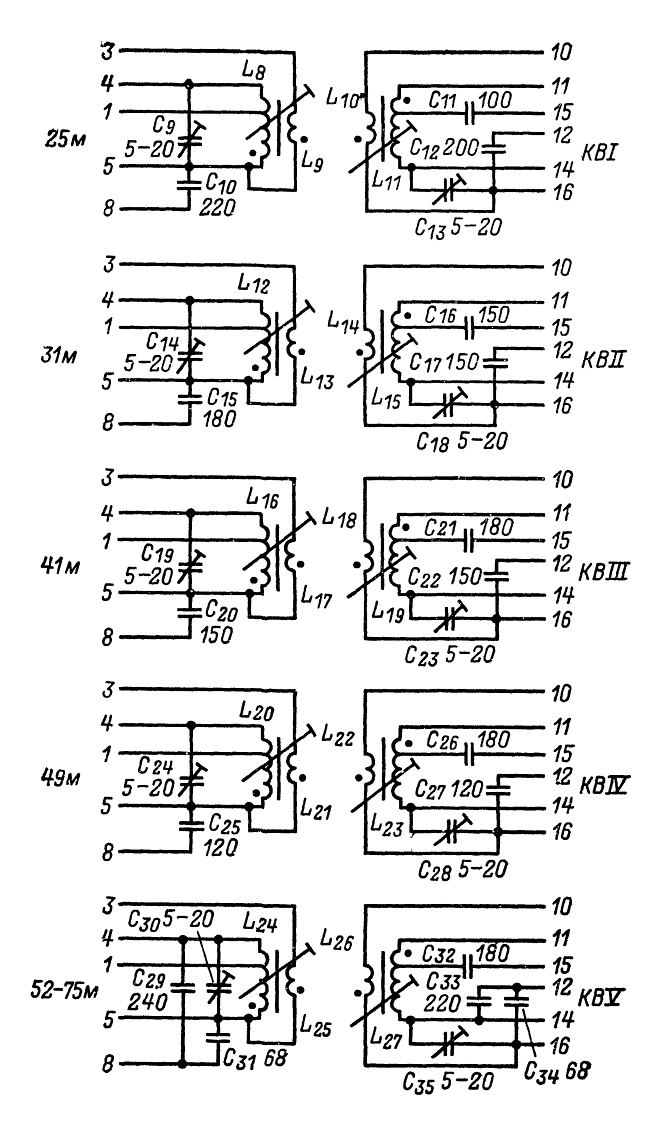


Рис. 1-14. Схемы коротковолновых секций барабанного переключателя диапазонов.

Для температурной стабилизации режима работы транзистора T_2 усилителя ВЧ каскад охвачен отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается с резистора R_{11} и через делитель R_6R_7 подается в цепь базы транзистора. Для этой же цели служит и резистор R_8 в эмиттерной цепи транзистора этого усилителя.

Гетеродин преобразователя частоты собран по трехточечной схеме с индуктивной связью. В диапазоне СВ его колебательный контур образуют катушка L_7, конденсатор переменной емкости C_8, постоянной емкости C_6 и подстроечный конденсатор C_7. Через катушку связи L_6 и разделительный конденсатор C_{12}, находящийся в блоке ВЧ, сигнал гетеродина подается в эмиттерную цепь транзистора T_3 смесительного каскада преобразователя частоты. Во время приема радиостанций КВ диапазонов в контуры гетеродина включаются детали соответствующих им секций барабанного переключателя диапазонов.

Для уменьшения влияния активных и реактивных проводимостей транзистора гетеродина на параметры его контура в коллекторную и эмиттерную цепи транзистора T_1 включены резисторы R_1 и R_2. Конденсатор C_5 (в блоке ВЧ), шунтирующий резистор R_5, устраняет сдвиг фаз между эмиттерным и коллекторным токами транзистора гетеродина.

Нагрузкой транзистора T_3 служит контур L_1C_1, находящийся в блоке ПЧ (рис. 1-15) и настроенный на промежуточную частоту 465 кГц. Конденсатор C_{13} фильтрует гармоники сигнала преобразователя частоты при работе приемника в КВ поддиапазонах.

Для повышения стабильности работы преобразователя частоты его транзисторы питаются от стабилизатора напряжения, выполненного на транзисторе T_4. Температурный режим работы гетеродина стабилизируется резистором R_5 в эмиттерной цепи транзистора T_1 и отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается с резистора R_{10} и подается в цепь базы его транзистора через делитель R_3R_4. Температурный режим работы транзистора T_3 смесительного каскада преобразователя частоты стабилизируется делителем $R_{12}R_{13}$ в базовой цепи и резистором R_{15} в эмиттерной цепи.

Усилитель ПЧ (рис. 1-15) двухкаскадный, с пьезокерамическим фильтром на входе и одноконтурными полосовыми фильтрами в коллекторных цепях транзисторов. Как уже говорилось, на плате этого блока приемника находится также выходной контур L_1C_1 преобразователя частоты. С низким входным сопротивлением пьезокерамического фильтра $ПФ_1$, настроенного на

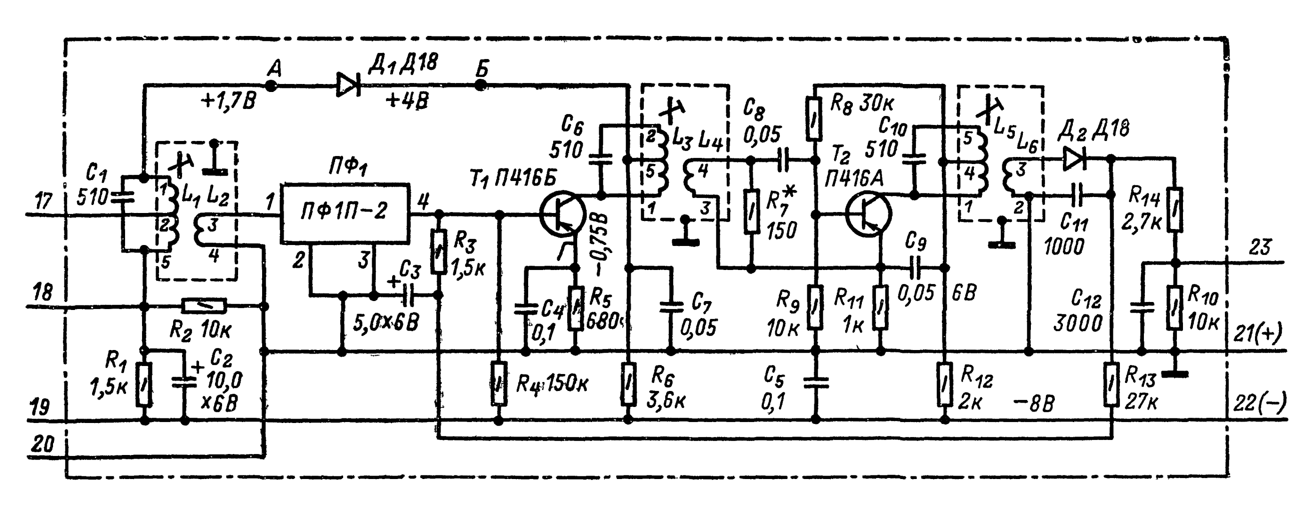


Рис. 1-15. Принципиальная схема блока ПЧ.

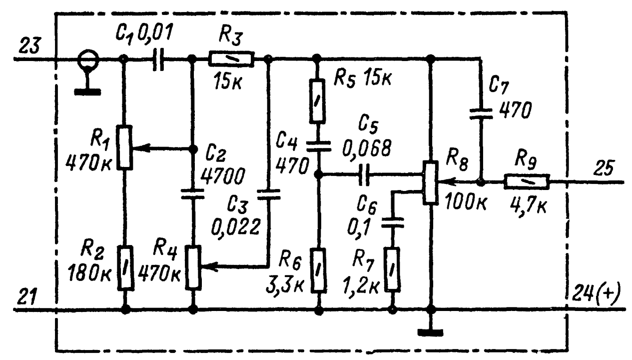


Рис. 1-16. Принципиальная схема темброблока.

частоту 465 кГц, он согласуется при помощи катушки L_2, индуктивно связанной с катушкой L_1 контура L_1C_1. С выхода пьезоэлектрического фильтра сигнал ПЧ поступает в цепь базы транзистора T_1 первого каскада усилителя, нагруженного на контур L_3C_6. Катушка L_4 служит для связи первого каскада усилителя ПЧ со вторым на транзисторе T_2. Подбором резистора R_7, шунтирующего катушку связи L_4, достигаются необходимые полоса пропускания (15—35 кГц) и коэффициент усиления тракта ПЧ. Чем больше сопротивление этого резистора, тем больше усиление и уже полоса пропускания контура L_3C_6. И наоборот, чем меньше его сопротивление, тем шире полоса пропускания и меньше усиление. Оптимальное сопротивление резистора R_7 может составлять 100—150 Ом.

Второй каскад усилителя ПЧ нагружен на контур L_5C_{10}. Для исключения паразитных связей (по постоянному току через цепи питания) катушка связи L_4 и конденсатор C_9 подключены непосредственно к эмиттеру транзистора T_2 этого каскада. С контура L_5C_{10} усиленный сигнал ПЧ через катушку связи L_6 подается на диод $Д_2$, выполняющий роль детектора. Для согласования выходного сопротивления контура и входного сопротивления детектора, а также для повышения стабильности работы детектора в интервале температур от —10° С до +40° С диод $Д_2$ работает с положительным смещением, создаваемым током около 20 мкА.

Продетектированный сигнал через фильтр $C_{11}R_{14}C_{12}$ поступает на нагрузку детектора — резистор R_{10}, а от него на вход темброблока. Одновременно с выхода детектора снимается сигнал АРУ, который через фильтр $R_{13}C_3$ и резистор R_3 подается на базу транзистора T_1 регулируемого каскада усилителя ПЧ.

Темброблок (рис. 1-16), включенный между блоками ПЧ и НЧ, позволяет плавно регулировать тембр раздельно по высшим и низшим звуковым частотам. При регулировке высших звуковых частот (резистором R_4) можно получить как завал, так и их подъем, а при регулировке низших частот (резистором R_1) — только их завал. В регуляторе громкости, роль которого выполняет переменный резистор R_8, применена компенсация низших и высших звуковых частот в зависимости от уровня громкости.

Усилитель НЧ приемника (рис. 1-17) состоит из предварительного двухкаскадного усилителя напряжения на транзисторах T_1 и T_2 и выходного двухтактного усилителя мощности на транзисторах T_4 и T_5. Симметрия плеч выходного каскада обеспечивается транзистором T_3, включенным по схеме эмиттерного повторителя. На базу этого транзистора с делителя $R_{13}R_{14}$ подается напряжение смещения, всегда равное половине напряжения источника питания. А так как выходной транзистор T_4 по постоянному току включен по схеме эмиттерного повторителя, то напряжение на его эмиттере будет всегда равно напряжению на базе транзистора T_3.

Для необходимого согласования выходного сопротивления предварительного усилителя с входным сопротивлением выходного каскада служит переходный трансформатор $Тр_1$, позволяющий также получить высокую стабильность работы усилителя мощности без применения специальных мер, приводящих, как правило, к снижению его выходной мощности и к. п. д. Гальваническая связь каскадов усилителя по постоянному току позволила устанавливать начальный ток транзисторов выходного каскада подбором лишь одного резистора R_3.

Рассмотрим несколько подробнее действие АРУ описываемого приемника. В подавляющем большинстве любительских и промышленных супергетеродинов управляющее напряжение АРУ изменяет ток через транзистор усилителя ПЧ и тем самым регулирует его коэффициент усиления. Однако такая система АРУ имеет существенный недостаток: по мере закрывания транзистора управляемого каскада его входное и выходное сопротивления резко возрастают. Вследствие этого возрастает добротность и сужается полоса пропускания входного и выходного контуров усилителя ПЧ, что при-

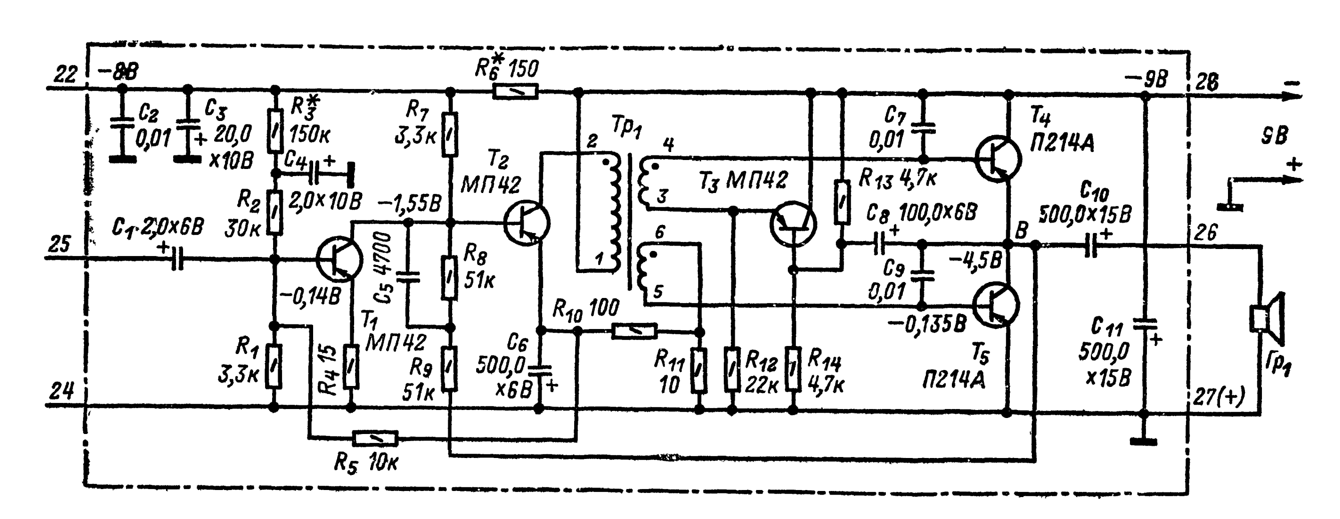


Рис. 1-17. Принципиальная схема блока НЧ приемника.

водит к пропаданию высших звуковых частот при приеме программ местных или отдаленных мощных радиовещательных станций.

Для устранения этого явления в описываемом приемнике применена двухступенчатая система АРУ с шунтирующим диодом. Работает она таким образом, что чем сильнее сигнал на входе приемника, тем шире полоса пропускания тракта ПЧ и выше качество звучания. При слабых же сигналах на входе приемника избирательность усилителя ПЧ возрастает и улучшается отстройка в условиях сильных помех со стороны станций, работающих на соседнем канале.

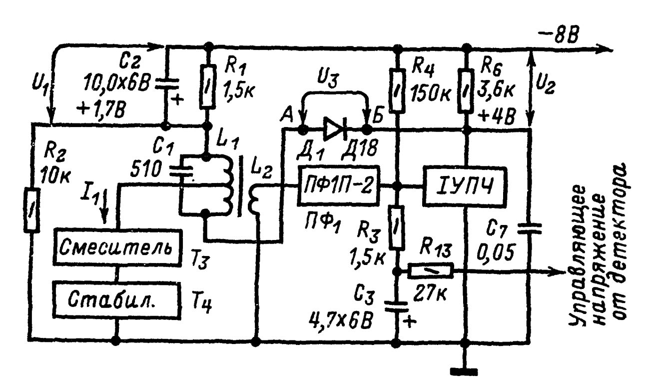


Рис. 1-18. Упрощенная схема системы АРУ.

Действие двухступенчатой системы АРУ поясняет ее упрощенная схема, приведенная на рис. 1-18. При отсутствии сигнала на входе приемника ток I_2, текущий через транзистор T_1 усилителя ПЧ, равен 1,1 мА. При этом падение напряжения на резисторе R_6 равно примерно 4 В, а на резисторе R_1 — 1,7 В (измерения проводились относительно — 8 В). Разностное напряжение, закрывающее диод $Д_1$, равно: U_3=4—1,7=2,3 В. Сопротивление диода $Д_1$, шунтирующее контур L_1C_1, в этом случае очень велико — не менее 300 кОм.

Во время приема сигналов радиовещательных станций на базу транзистора T_1 поступает управляющее напряжение АРУ и ток через него уменьшается. С уменьшением тока с 1,1 до 0,5 мА усиление каскада снижается незначительно (на 4—5 дБ), напряжение U_2 на резисторе R_6 уменьшается до 1,8 В, а разностное напряжение U_3 на диоде — до 0,1 В. При дальнейшем увеличении управляющего сигнала АРУ разностное напряжение меняет полярность и через диод $Д_1$ протекает ток в прямом направлении (при приеме местных и мощных станций он равен 50—100 мкА). Сопротивление диода при этом становится очень малым, контур L_1C_1 шунтируется цепочкой $Д_1C_7$, в результате чего усиление преобразовательного каскада резко падает. Релаксационную генерацию усилителя ПЧ в момент уравнивания напряжений U_1 и U_2 устраняет инерционное звено R_1C_2.

Чтобы при снижении напряжения источника питания поддерживалось постоянное разностное закрывающее диод напряжение, в систему АРУ введен дополнительный резистор R_2, образующий с резистором R_1 делитель напряжения. Падение напряжения на резисторе R_1 определяется током транзистора T_3, который не изменяется при уменьшении напряжения питания вплоть до 4,5 В, так как транзистор T_3 питается от стабилизированного источника, и током через делитель R_1R_2, который уменьшается с понижением напряжения питания. В свою очередь напряжение на резисторе R_6 также уменьшается при снижении напряжения источника питания, что благоприятно сказывается на работе задержанной АРУ.

К диоду $Д_1$ двухступенчатой системы АРУ предъявляется требование: его обратное сопротивление должно быть достаточно велико, чтобы не шунтировать контур L_1C_1. Поэтому перед установкой диода на плату следует проверить его обратное сопротивление, которое характеризуется обратным током $I_{обр} \leqslant 4$ мкА при обратном напряжении $U_{обр}$, равном 2,5 В; $I_{обр}$ диода должен быть не более 4 мкА.

В качестве индикатора настройки можно использовать стрелочный прибор с током полного отклонения до 150 мкА, например от портативных транзисторных магнитофонов «Дельфин», «Романтик» и др. Индикатор с последовательно соединенным резистором сопротивлением 3—5 кОм подключают параллельно резистору R_5 в эмиттерной цепи транзистора T_1 первого каскада усилителя ПЧ.

Приемник сконструирован в деревянном полированном корпусе размерами 410×250×110 мм (см. рис. 1-12). Его детали поблочно смонтированы на четырех печатных платах, эскизы которых со схемами соединения деталей на них показаны на рис. 1-19. Сравнительно большие размеры приемника позволяют довольно свободно разместить платы внутри корпуса и улучшить звуковоспроизведение. Однако при этом следует соблюдать правила, обязательные при конструировании радиоприемной аппаратуры. Так, соединения между барабанным переключателем диапазонов, блоком конденсаторов переменной емкости и платой ВЧ должны выполняться возможно короткими проводниками. То же самое можно сказать и о соединениях между платами блоков ВЧ и ПЧ. Размещение темброблока и платы усилителя НЧ в корпусе приемника безразлично, однако проводники, соединяющие эти платы друг с другом и с платой усилителя ПЧ, нужно экранировать. Так как контур L_1C_1 преобразователя частоты расположен на плате усилителя ПЧ, соединения контакта *17* плат усилителей ВЧ и ПЧ следует выполнить экранированным проводом, оплетка которого должна соединяться с контактами *18* этих плат. Катушку L_5 фильтра-пробки следует установить рядом с катушкой L_2 контура магнитной антенны диапазона СВ. Антенную катушку L_1 можно разместить посредине ферритового стержня магнитной антенны. Связь между блоком конденсаторов переменной емкости и платой ВЧ полезно сделать экранированным жестким проводом, например кабелем РК-19.

Все органы управления и настройки приемника расположены в верхней торцевой части ящика на фальшпанели, изготовленной из гетинакса. Там же укреплены блок конденсаторов переменной емкости и верньерное устройство.

Шкала приемника изготовлена из органического стекла фотоспособом. Предварительно она была начерчена на ватманской бумаге тушью в масштабе 3:1, а затем сфотографирована в натуральную величину. Если нанесение фотоэмульсии на органическое стекло представляется для конструктора трудновыполнимым, то шкалу можно переснять на плоскую фотопленку.

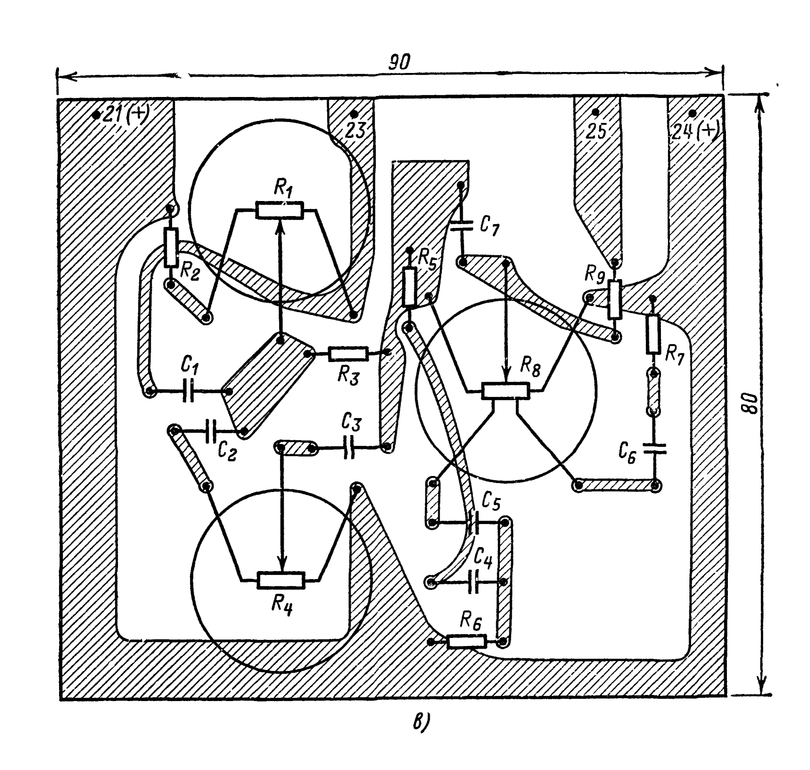
Блок конденсаторов переменной емкости от приемника «Рига-102» (одна секция остается свободной). Этот блок хорош тем, что имеет редуктор, позволяющий при помощи простейшего верньера получить ход стрелки настройки до 175—180 мм. Можно также использовать блок КПЕ от приемника «Спидола» или «ВЭФ-12». Для устранения микрофонного эффекта, возникающего вследствие акустической обратной связи, блок КПЕ следует амортизировать резиновыми прокладками.

Магнитная антенна от приемника «ВЭФ-12». Барабанный переключатель диапазонов может быть от приемников «Спидола», «ВЭФ-12», «ВЭФ-201». В секциях переключателя приемника «Спидола» соединенные последовательно катушки связи входного и гетеродинного контуров следует разъединить. Конец катушки связи входного контура можно подключить к контакту *3*, а начало катушки связи гетеродинного контура —

2 — 940

а)

б)



г)

Рис. 1-19. Печатные платы и соединения деталей на них.

а — блока ВЧ; *б* — блока ПЧ; *в* — темброблока; *г* — блока НЧ.

к контакту *16*. Из гетеродинного контура СВ диапазона следует изъять конденсатор емкостью 1000 пФ, а резистор сопротивлением 2,7 кОм подпаять к контакту *15*. Между контактами *12* и *14* нужно установить конденсатор C_2 емкостью 360 пФ.

Контакт *3* в секциях КВ диапазонов барабанного переключателя приемника «Спидола» отсутствует — его следует установить. Для этого слегка подогретый жалом паяльника вставляемый контакт мягко опускают в соответствующее гнездо секции переключателя Установленный контакт должен находиться на одном уровне с уже имеющимися и не иметь перекосов.

В секциях КВ диапазонов барабанных переключателей приемников «ВЭФ-12», «ВЭФ-201» подстроечных конденсаторов нет — их следует добавить, что облегчит установку границ КВ диапазонов, обеспечит сопряжение контуров и позволит сохранить высокую чувствительность приемника на краях КВ диапазонов.

Намоточные данные катушек входных и гетеродинных контуров, фильтра-пробки L_5C_3 приведены в табл. 1-2, а контурных катушек усилителя ПЧ — в табл. 1-3. Намоточные данные входных и гетеродинных контуров переключателей приемников «ВЭФ-12», «ВЭФ-201» остаются без изменений, следует только емкость конденсатора C_{10} между контактами *5* и *8* уменьшить до 220 пФ и все конденсаторы, установленные между контактами *4* и *5*, *14* и *16*, заменить подстроечными конденсаторами емкостью 5—20 пФ.

Таблица 1-2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	30	ПЭВ-2 0,12
L_2	(13×3)+14	ЛЭШО 10×0,07
L_3	5	ПЭЛШО 0,18
L_4	2	ПЭВ-2 0,41
L_5	33×3	ЛЭШО 5×0,06
L_6	10	ПЭЛШО 0,18
L_7	15+10+(25×3)	ЛЭШО 14×0,06
L_8	10+6	ПЭЛШО 0,18
L_9, L_{10}	3	ПЭЛШО 0,18
L_{11}	3+9	ПЭЛШО 0,1
L_{12}	12+10	ПЭЛШО 0,1
L_{13}, L_{14}	3	ПЭЛШО 0,18
L_{15}	5+10	ПЭЛШО 0,1
L_{16}	17+8	ПЭЛШО 0,1
L_{17}, L_{18}	3	ПЭЛШО 0,18
L_{19}	4+16	ПЭЛШО 0,1
L_{20}	21+14	ПЭЛШО 0,1
L_{21}	4	ПЭЛШО 0,18
L_{22}	3	ПЭЛШО 0,18
L_{23}	4+23	ПЭЛШО 0,1
L_{24}	21+10	ПЭЛШО 0,1
L_{25}, L_{26}	4	ПЭЛШО 0,18
L_{27}	4+21	ПЭЛШО 0,1

Таблица 1-3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	50×2	ПЭЛШО 0,06×5
L_2	10	ПЭВ-2 0,1
L_3	50×2	ПЭВ-2 0,1
L_4	10	ПЭВ-2 0,1
L_5	50×2	ПЭВ-2 0,1
L_6	10	ПЭВ-2 0,1

Примечание. В катушках установлены сердечники 600НН диаметром 2,8 мм и длиной 14 мм.

Для контурных катушек фильтров ПЧ и катушки L_5 фильтра-пробки можно использовать переделанные каркасы с экранами от контуров приемников «Селга», «Меридиан» и др. Переделка заключается в следующем: снимают экран и, вывернув подстроечный сердечник, погружают на 10—15 мин контур в спирт, смешанный с ацетоном в пропорции 10.1. После такой обработки, применив небольшие усилия, разбирают контур. Перед сборкой полезно заменить в нем выводы, использовав в качестве последних проволочные выводы резисторов МЛТ-2,0.

Дроссель $Др_1$ блока ВЧ, индуктивность которого 4 мкГ, представляет собой один слой провода ПЭВ-2 0,1, намотанный виток к витку на резисторе МЛТ-0,5 сопротивлением 1 кОм.

Магнитопровод переходного трансформатора $Тр_1$ блока НЧ набран из пластин Ш9 трансформаторной стали, толщина набора 15 мм. Обмотка *1—2* содержит 880 витков провода ПЭВ-2 0,16, а обмотки *3—4* и *5—6* — по 220 витков провода ПЭВ-2 0,33.

Для обеспечения плавной и мягкой регулировки тембра резистор R_1 темброблока должен иметь кривую изменения сопротивления типа Б, резистор R_4 — типа В или А, а регулятор громкости R_8 — типа В. В приемнике использован регулятор громкости от приемника «Спидола», ось которого совмещена с выключателем питания. Отводы от регулятора громкости приклепывают к отверстиям, уже имеющимся на дужке переменного резистора, с помощью алюминиевых или латунных заклепок.

Транзисторы T_4 и T_5 усилителя мощности блока НЧ установлены на теплоотводах, роль которых выполняют отрезки алюминиевых уголков размерами 30×30×15 мм.

Все электролитические конденсаторы, емкость которых больше 100 мкФ, типа К50-6, остальные К50-3, ЭМ. Резисторы МЛТ-0,25.

В приемнике желательно использовать транзисторы, указанные на принципиальных схемах его блоков. При необходимости транзисторы ГТ313Б можно заменить транзисторами ГТ309А, П416, П423, ГТ308А, П403 с коэффициентом $h_{21э}$ 20—80; ГТ313В — транзисторами ГТ309Б, П416А, П423, ГТ308В, П403 с $h_{21э}$ 60—250; П416Б — транзисторами ГТ309Б, П423, ГТ308В, П422 с $h_{21э}$ 100—200; П416А — транзисторами ГТ308А, П402, П422, ГТ309А с $h_{21э}$ 60—100; П214А — транзисторами П213Б, ГТ403Б, П215, ГТ905А с $h_{21э}$ 50—150. Диоды Д220 можно заменить диодами Д101, Д103, КД503А, диоды Д18 — диодами Д9В, Д19, ГД507А.

С особенной тщательностью следует подходить к выбору динамической головки громкоговорителя. Она должна обеспечивать высокое звуковое давление порядка 0,3—0,5 Па, обладать сравнительно низким (80—120 Гц) резонансным сопротивлением подвижной системы и иметь сравнительно небольшие размеры и массу. Из головок отечественного производства можно рекомендовать 4ГД-4 (2 шт.), 2ГД-3, 4ГД-8, 4ГД-7, 4ГД-10.

Оптимальное сопротивление звуковой катушки динамической головки, при котором максимальная выходная мощность усилителя НЧ будет достигать 1,5—1,8 Вт, может составлять 3,5—6,5 Ом.

Налаживание приемника лучше всего вести в такой последовательности. Сначала проверить режимы работы транзисторов усилителя НЧ, затем усилителя ПЧ и в последнюю очередь — усилителя ВЧ. Далее необходимо установить границы диапазонов, настраивая гетеродинные контуры, а затем то же самое повторить для входных контуров. Методика настройки общепринятая.

В последнюю очередь следует подобрать сопротивление резистора R_7 блока ПЧ. Его сопротивление долж-

но быть таким, чтобы чувствительность приемника была максимальной, а работа усилителя ПЧ устойчивой. Если усилитель ПЧ самовозбуждается, сопротивление резистора R_7 следует уменьшить, а между базой транзистора T_2 и выводом *5* катушки L_5 контура L_5C_{10} включить конденсатор емкостью 8,2 пФ. Транзистор T_2 рекомендуется закрыть латунным колпачком и соединить его с эмиттером. Еще лучше — поместить в экран весь второй каскад усилителя ПЧ, включая детектор, как это сделано, например, в приемнике «Сокол-4».

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ ТЬЮНЕР

Для опытных радиолюбителей определенный интерес представляет разработанный С. Новиковым (г. Москва) стереофонический тьюнер — УКВ ЧМ приемник, предназначенный для прослушивания монофонических и стереофонических программ радиовещательных станций диапазона 65,8—73 МГц. Тьюнер рассчитан на совместную работу с высококачественным стереофоническим усилителем НЧ, имеет шесть фиксированных настроек на рабочие частоты: 66,44 (первая программа), 67,22 (радиостанция «Маяк»), 68,84 (третья программа), 69,80 (четвертая программа), 72,14 («Стерео») и 72,92 МГц (программа, передаваемая по городской трансляционной сети). Промежуточная частота 10,7 МГц.

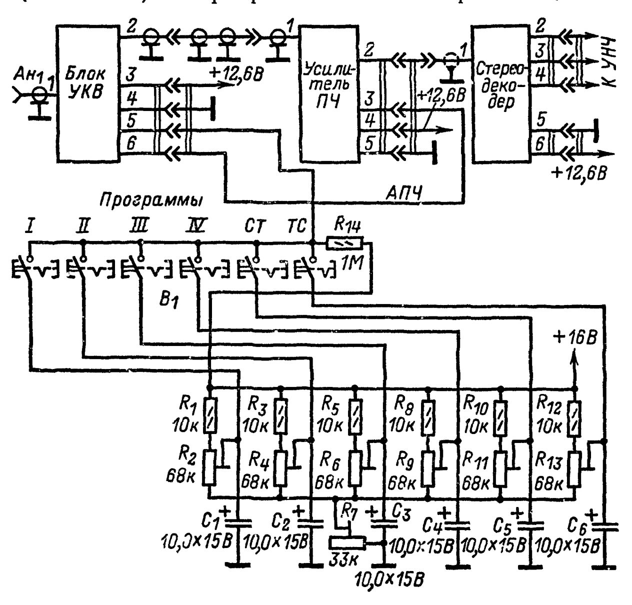


Рис. 1-20. Упрощенная схема тьюнера.

Чувствительность тьюнера при отношении сигнал/шум 26 дБ не хуже 3 мкВ. При входном напряжении сигнала не менее 5 мкВ и наличии поднесущей частоты (стереопрограмма) происходит автоматический переход в режим «Стерео». Переходное затухание в диапазоне частот 31,5—15 000 Гц не хуже 20 дБ. Напряжение колебаний звуковой частоты на выходе тьюнера не менее 250 мВ. Питание тьюнера осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 и 127 В через выпрямитель с двумя стабилизаторами выпрямленного напряжения (12,6 и 16 В). Потребляемая мощность около 3 Вт.

Упрощенная схема тьюнера показана на рис. 1-20. Он состоит из пяти функционально законченных блоков: блока УКВ, усилителя ПЧ с частотным детектором, автоматического стереодекодера, блока питания (см. рис. 1-27) и системы подстройки и управления. С выхода стереодекодера сигнал звуковой частоты подается на вход стереофонического усилителя НЧ.

Принципиальная схема блока УКВ приведена на рис. 1-21. Связь широкополосной антенны со входом этого блока индуктивная. Входной контур L_1C_1 настроен на среднюю частоту УКВ диапазона (около 69,5 МГц). Сигнал, усиленный двухкаскадным усилителем на транзисторах T_1 и T_3, вместе с напряжением гетеродина на транзисторе T_5 подается на базу транзистора T_4 смесителя каскада преобразования частоты. Сигнал ПЧ выделяется двухконтурным полосовым фильтром L_6C_{26} и $L_7C_{29}C_{30}$, настроенным на частоту 10,7 МГц.

Колебательные контуры блока настраивают на фиксированные рабочие частоты УКВ диапазона варикапами $Д_1$—$Д_4$, $Д_6$, $Д_7$ и $Д_9$, $Д_{10}$, емкость которых изме-

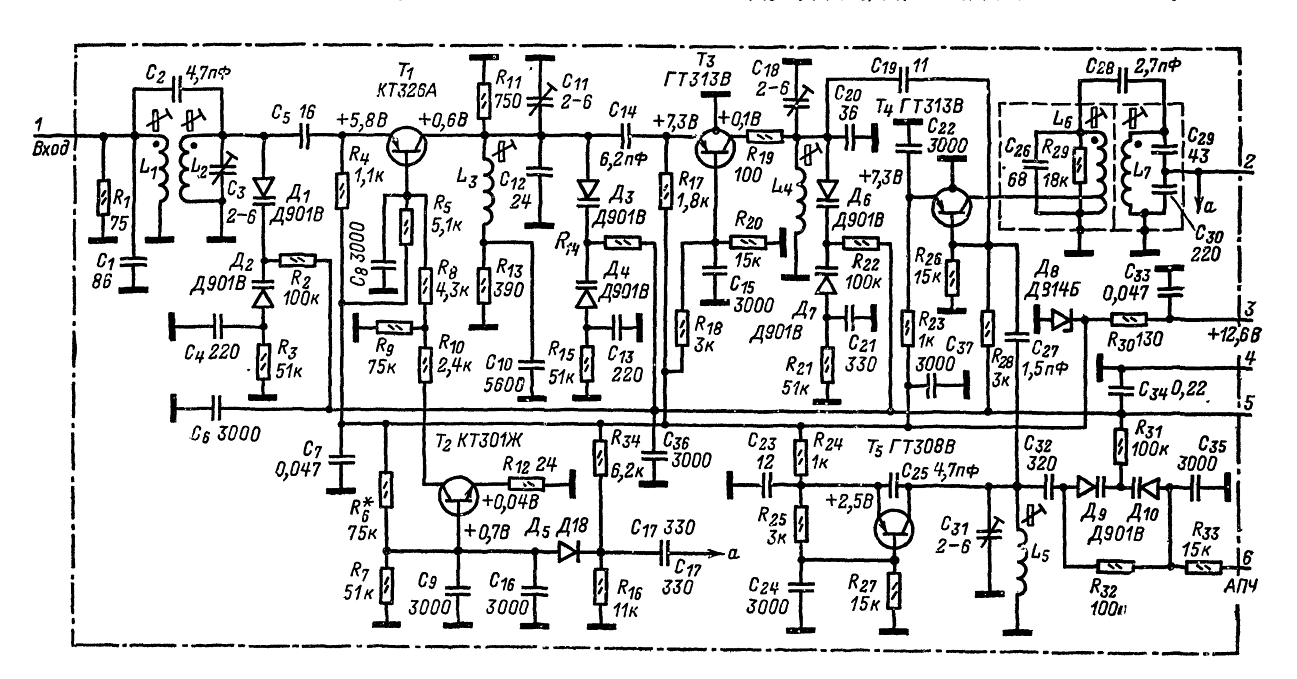


Рис. 1-21. Принципиальная схема блока УКВ.

няют путем подачи на них напряжения с резисторов R_1—R_{12} (см. рис. 1-20) блока настройки.

Первый каскад усилителя ВЧ охвачен действием усиленной системы АРУ. Напряжение АРУ, поступающее с контура $L_7C_{29}C_{30}$, выпрямляется диодом $Д_5$, усиливается каскадом на транзисторе T_2 и через делитель, образованный резисторами R_9 и R_{10}, подается в цепь базы транзистора T_1.

В первом каскаде транзистор ГТ328А заменен доступным радиолюбителям транзистором КТ326А (T_1). В связи с этим подверглись изменению система АРУ и полярность включения диода $Д_5$, введены резисторы

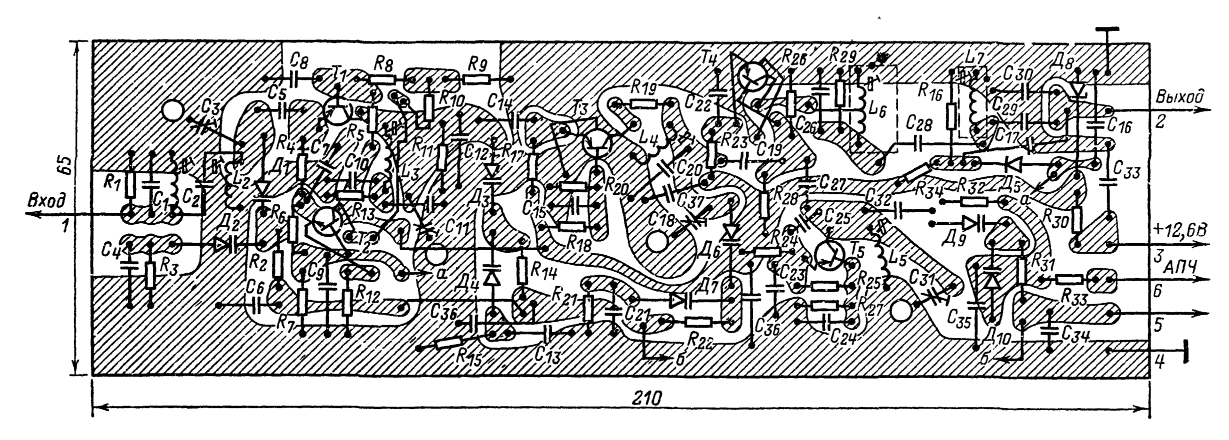


Рис. 1-22. Монтажная плата и схема соединений блока УКВ.

Блок УКВ тьюнера заимствован в основном из стереофонической радиолы «Виктория-001-стерео» («Радио», 1975, № 1, с. 30—34), но в него внесен ряд схемных и конструктивных изменений, повышающих стабильность работы блока и делающих его более доступным для повторения радиолюбителями. Так, например, в отличие от блока УКВ «Виктория» настройка контуров блока описываемого тьюнера осуществляется не варикапными матрицами КВ111Б, а более доступными радиолюбителям варикапами Д901В. Повышение устойчивости коэффициента усиления блока достигается введением дополнительных блокировочных конденсаторов C_{36} и C_{37}. С этой же целью катушка L_3 контура в коллекторной цепи транзистора T_1 дополнительно зашунтирована резистором R_{11}, что, правда, несколько снизило усиление этого каскада, но зато позволило исключить из конструкции блока экранирующую перегородку.

R_{12} и R_{16} задержки напряжения АРУ и разделительный конденсатор C_{17}. Ослаблена связь детектора АРУ с выходным контуром, что позволило устранить расстройку полосового фильтра промежуточной частоты. Напряжение на детектор АРУ (диод $Д_5$) подается с части выходного контура $L_7C_{29}C_{30}$ (на схеме проводники, обозначенные буквой *а*). Кроме того, включен блокировочный конденсатор C_{16} (припаян непосредственно к выводу диода $Д_5$), улучшающий в детекторе АРУ развязку по высокой частоте.

Детали блока УКВ смонтированы на печатной плате, выполненной из фольгированного стеклотекстолита. Ее размеры и схема соединения деталей на ней показаны на рис. 1-22. Все катушки намотаны на фто-

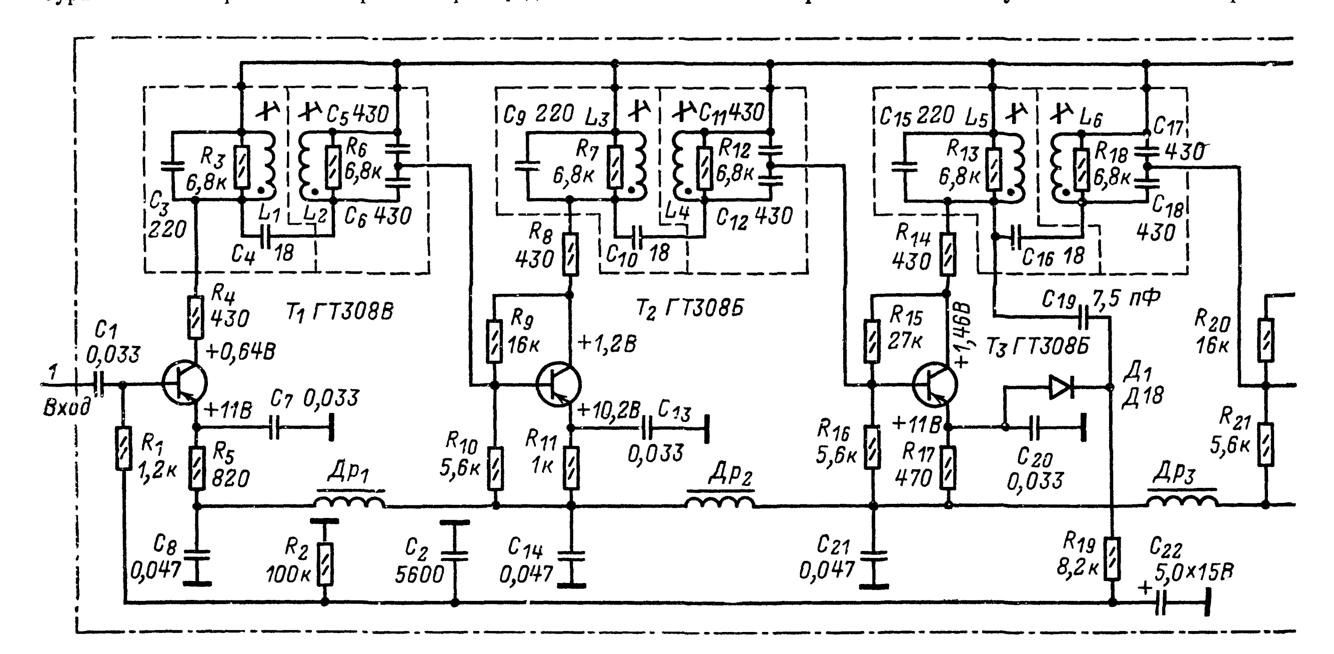


Рис. 1-23. Принципиальная схема блока ПЧ.

ропластовых каркасах внешним диаметром 7 и высотой 16 мм, которые снабжены латунными подстроечными сердечниками М4×8. Намоточные данные катушек приведены в табл. 1-4. Снаружи они залиты расплавленным парафином.

Таблица 1-4

Катушка	Число витков	Провод	Длина намотки, мм
L_1	2,5	ПЭВ-2 0,8	6
L_2	4,6	ПЭВ-2 0,8	8
L_3	3,5	ПЭВ-2 0,8	7
L_4	2,75	ПЭВ-2 0,8	10
L_5	2,2	ПЭВ-2 0,8	6
L_6	10+6	ПЭВ-2 0,12	2,3
L_7	22	ПЭВ-2 0,12	3,2

Принципиальная схема блока ПЧ показана на рис. 1-23. Он представляет собой пятикаскадный усилитель (транзисторы T_1—T_5) на полосовых фильтрах с частотным детектором (диоды $Д_6$, $Д_7$). Связь между полосовыми фильтрами емкостная (коэффициент связи 0,8—0,9). Полоса пропускания усилителя 220 кГц, коэффициент усиления до наступления ограничения сигнала ПЧ не менее 98 дБ. Ограничение наступает при напряжении сигнала на входе усилителя, равном 20 мкВ, что соответствует напряжению около 5 мкВ, поступающему с антенны на вход блока УКВ. При таком напряжении ограничения сигнала ПЧ практически во всех реальных случаях поддерживается постоянным напряжение на входе автоматического стереодекодера, что особенно важно для приема и воспроизведения стереофонических программ.

Ограничение сигнала осуществляется в четвертом каскаде усилителя (транзистор T_4) диодами $Д_2$, $Д_3$, в пятом (транзистор T_5) — диодами $Д_4$, $Д_5$.

Для уменьшения перегрузки транзистора T_3 третьего каскада большим сигналом и тем самым предупреждения работы его в режиме насыщения, вносящего значительные фазовые искажения сигнала, усилитель охвачен АРУ, напряжение которой через фильтр $R_{19}C_{22}$ и резистор R_1 подается на базу транзистора T_1 первого каскада.

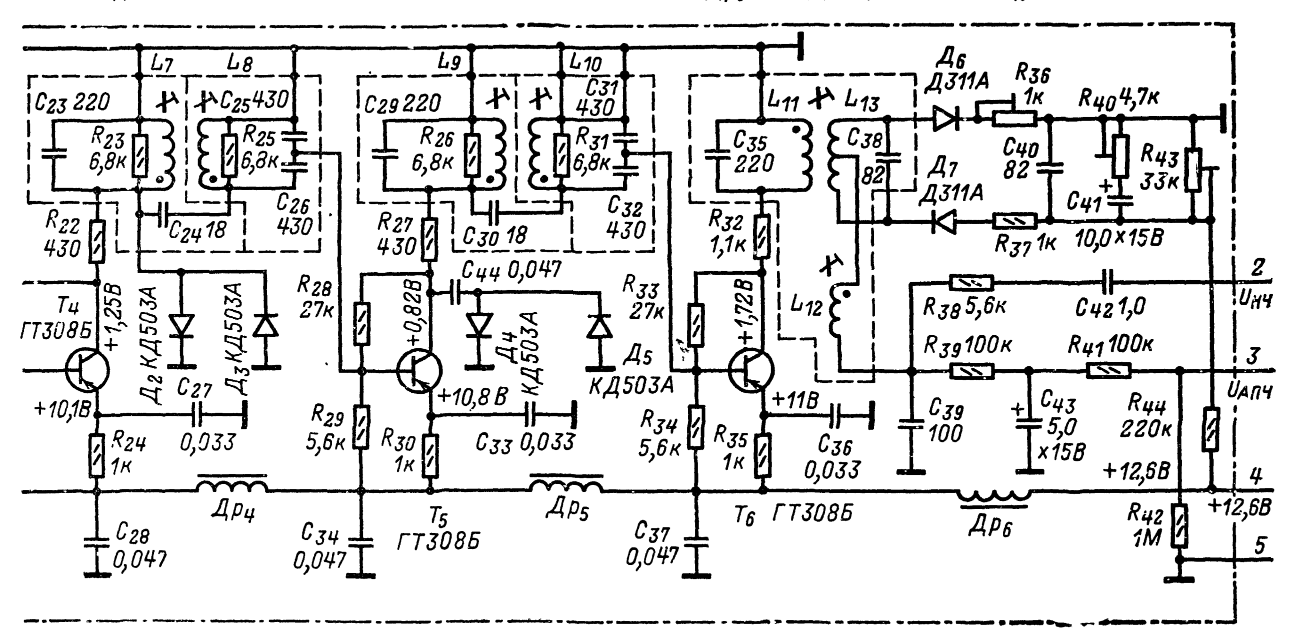
Резисторы R_3 и R_6, R_7 и R_{12}, R_{13} и R_{18}, R_{23} и R_{25}, а также R_{26} и R_{31}, шунтирующие контуры полосовых фильтров, выравнивают коэффициенты усиления каскадов и расширяют рабочую полосу частот усилителя в целом. Без них суммарная частотная характеристика усилителя может оказаться уже 220 кГц.

Коэффициент усиления каскадов ПЧ составляет в среднем 20 дБ. Между каскадами включены развязывающие LC-фильтры по питанию эмиттерных и базовых цепей транзисторов, что повышает устойчивость работы усилителя.

Транзистор T_6 шестого каскада блока работает на частотный детектор. Контур $L_{11}C_{35}$, включенный в коллекторную цепь этого транзистора, индуктивно связан с контуром $L_{13}C_{38}$ и катушкой связи L_{12}. Подстроечным резистором R_{40} выравнивают прямые токи диодов $Д_6$ и $Д_7$ детектора. Конденсатор C_{40} блокирует по промежуточной частоте цепь $R_{40}C_{41}R_{43}$, являющуюся нагрузкой частотного детектора. Изменяя ее постоянную времени, добиваются минимального напряжения паразитной амплитудной модуляции сигнала. В связи с тем что расстояние между горбами дискриминаторной составляющей достигает 700 кГц, для увеличения коэффициента передачи частотного детектора на его диоды через резистор R_{44} подается от источника питания постоянное прямое смещение.

Напряжение колебаний звуковой частоты (и надтональной составляющей — во время приема стереофонических программ), снимаемое с выхода частотного детектора, через резистор R_{38} и конденсатор C_{42} поступает на вход автоматического стереодекодера, а напряжение АПЧ — через низкочастотный фильтр, образуемый резисторами R_{39}, R_{41} и конденсатором C_{43}, на блок УКВ.

Детали блока ПЧ тьюнера смонтированы на печатной плате размерами 320×65 мм, которая выполнена из фольгированного стеклотекстолита (рис. 1-24). Для катушек L_1—L_{10} резонансных контуров полосовых фильтров использована арматура фильтров ПЧ транзисторного приемника «Сокол» (ферритовые чашки удалены). Содержат они по восемь-девять витков провода ПЭВ-2 0,32 (индуктивность 1,03 мкГ). Катушки L_{11}—L_{13} намотаны таким же проводом на каркасе фильтра Ф-304 телевизионного приемника. Первая из них содержит пять витков, вторая, намотанная поверх первой — четыре, третья — 15 витков. Дроссели $Др_1$—$Др_6$ типа ДМ-0,4-30 мкГ ±5%.



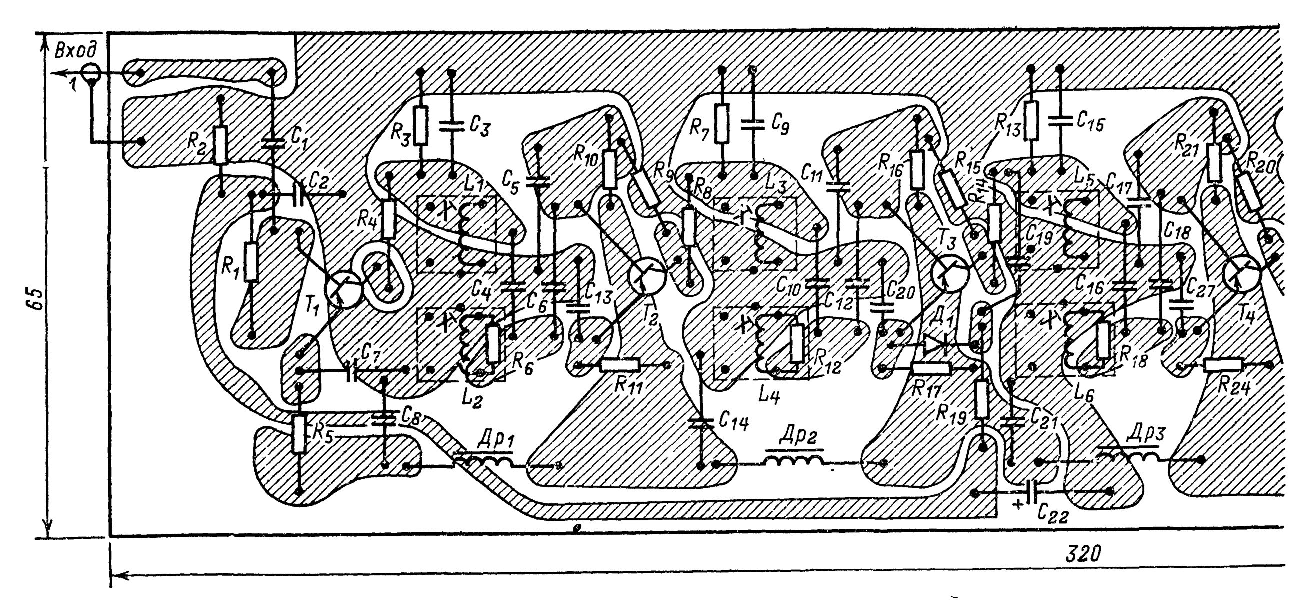
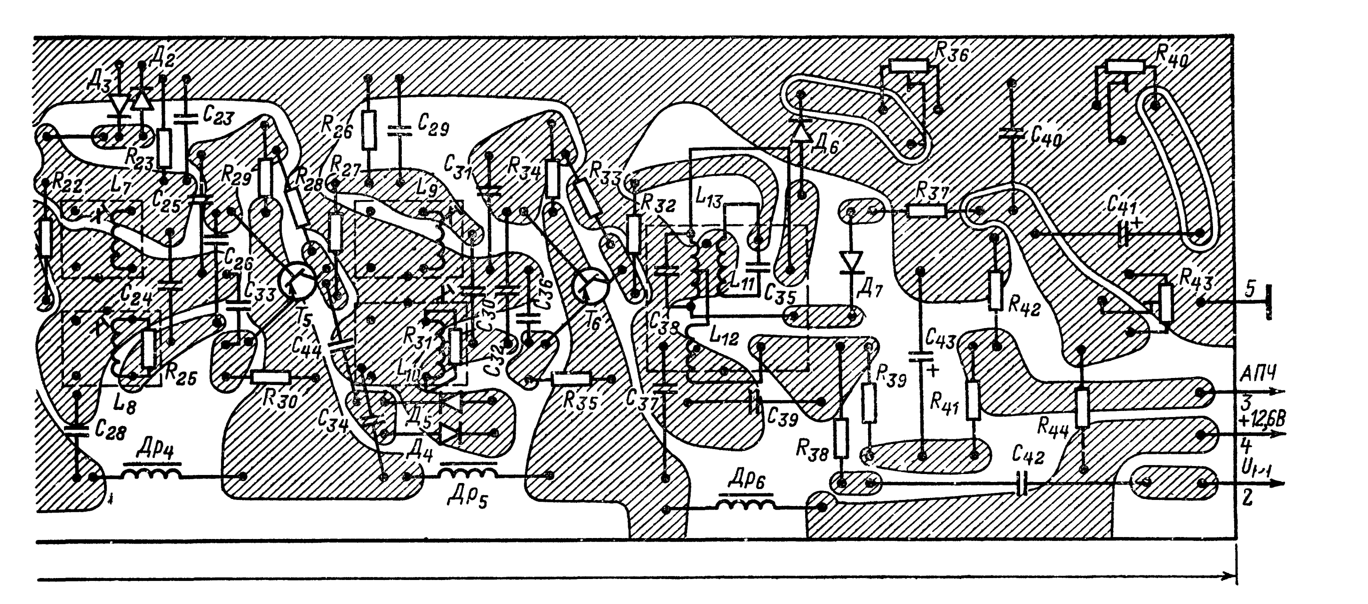


Рис. 1-24. Монтажная плата и схема соединения блока ПЧ.

Рис. 1-25. Принципиальная схема автоматического стереодекодера.

Следующий блок тьюнера — автоматический стереодекодер (рис. 1-25). Разрабатывая его, конструктор искал решения, делающие этот электронный автомат доступным для повторения радиолюбителями.

Как известно, для советской системы стереофонического вещания (с частично подавленной поднесущей) чаще всего применяют матричный способ декодирования стереофонического сигнала, обеспечивающий достаточно высокие переходные затухания, низкий уровень нелинейных искажений, что практически отвечает всем требованиям, предъявляемым к высококачественной приемной радиоаппаратуре. Но, как показали экспери-



менты, при матричном способе декодирования весьма сложно создать автоматический стереодекодер и обеспечить идентичность ФЧХ и АХЧ в рабочем диапазоне частот.

При другом способе декодирования, основанном на временно́м переключении стереофонических каналов, эти трудности можно преодолеть. Но возникают другие, в частности трудность выделения колебаний поднесущей частоты. Дело в том, что поднесущая частота стереофонического сигнала модулируется разностным сигналом *А—В*, а самая низшая модулирующая частота равна 31,5 Гц. Как показывают расчеты, для подав-

ления этой частоты контуром, настроенным на частоту 31,25 кГц (для выделения поднесущей), его добротность должна быть не менее 1000. Решить эту задачу простым способом нельзя.

Но задачу можно упростить, задавшись допустимым уровнем паразитной амплитудной модуляции (АМ). В самом деле, уровень паразитной АМ в пределах 0,5—1% вполне приемлем, если переходное затухание между каналами стереосигнала будет не менее 25 дБ. Реализовать это можно, подав полярно-модулированный сигнал (ПМ сигнал) на резонансный контур добротностью 50—100, а ограниченное им напряжение (за счет шунтирования контура двусторонним ограничением) — на вход резонансного усилителя, транзистор которого при таком уровне напряжения входит в насыщение. Этот путь и был выбран при разработке автоматического стереодекодера описываемого тьюнера.

Комплексный стереофонический сигнал (КСС), выделенный частотным детектором, подается на затвор полевого транзистора T_1 каскада восстановления поднесущей частоты (рис. 1-25). В стоковую цепь этого транзистора включен высокостабильный колебательный контур L_1C_2, настраиваемый на частоту 31,25 кГц варикапом $Д_1$. Резистор R_4 в этой цепи ограничивает подъем поднесущей частоты на уровне 14 дБ.

Полярно-модулированный сигнал, восстановленный входным каскадом блока, через конденсатор C_3 поступает для предварительного усиления на вход усилителя с большим входным сопротивлением, собранным на полевом транзисторе T_3. Надобность в таком каскаде продиктована тем, что из-за большого разброса по частоте горбов дискриминаторной характеристики (при высококачественном приеме) амплитуда напряжения низкой и надтональной частот не превышает 20—40 мВ, что недостаточно для нормальной работы последующих каскадов блока.

Полярно-модулированный сигнал, усиленный этим каскадом в 20 раз, снимается с нагрузочного резистора R_{14} и через конденсатор C_{10} подается на базу транзистора T_5 каскада выделения поднесущей частоты. Настройка каскада на поднесущую частоту 31,25 кГц осуществляется подстроечным резистором R_{28}. Напряжение ПМ сигнала снимается с эмиттерного резистора R_{21} и через конденсатор C_{14} подается на средний вывод катушки L_5 трансформатора L_4L_5 для распределения по соответствующим стереоканалам.

Катушка L_2 в коллекторной цепи транзистора T_5 и катушка L_3 резонансного контура L_3C_{13} образуют трансформатор с коэффициентом передачи 1:5. Добротность контура, зашунтированного ограничительными диодами $Д_4$ и $Д_5$, около 50. На поднесущую частоту 31,25 кГц его настраивают варикапом $Д_6$. На начальном участке вольт-амперной характеристики сопротивление диодов составляет сотни килом и контур шунтируется незначительно. При больших же напряжениях сопротивление диодов резко уменьшается и их шунтирующее влияние сказывается сильнее. В результате уровень модуляции снижается не менее чем в 10—15 раз.

Напряжение ПМ сигнала с движка переменного резистора R_{20}, включенного в коллекторную цепь транзистора T_5 последовательно с катушкой L_2, подается как опорное напряжение на общую точку резисторов R_{36}, R_{37} для максимизирования затухания между стереоканалами.

Напряжение поднесущей частоты, ограниченное по амплитуде диодами $Д_4$ и $Д_5$, через отвод катушки L_3 и разделительный конденсатор C_{12} подается на базу транзистора T_8 каскада автоматического переключения каналов. Сдвиг фаз между мгновенными значениями напряжения ПМ сигнала, которое распределяется диодными ключами $Д_9$ — $Д_{12}$ и управляющим напряжением на них, определяется емкостью конденсатора C_{12} и входным сопротивлением этого каскада. При сдвиге фаз, равном 0 или 180°, или на близкие им углы выходы стереоканалов автоматически переключаются относительно друг друга, обеспечивая хорошее переходное затухание. При сдвиге фаз на 90°, когда переходное затухание равно 0, разделения каналов не происходит.

Диодными ключами управляет каскад на транзисторе T_8 через катушки L_4 и L_5, образующие понижающий (2:1) трансформатор. Конденсаторы C_{23} и C_{24} частично фильтруют напряжение поднесущей частоты, а цепи $C_{25}R_{34}$ и $C_{26}R_{35}$ компенсируют предыскажения. В связи с тем что нагрузка диодных ключей должна быть высокоомной, на выходе каждого канала работают эмиттерные повторители (транзисторы T_9, T_{10}). Эти каскады, а также выходные фильтры собраны по схеме, заимствованной С. Новиковым из тьюнера «Рондо-101-стерео» («Радио», 1976, № 1, с. 36—38). Выходные фильтры обеспечивают подавление остатков поднесущей частоты и ее второй гармоники при записи стереопрограммы на магнитофон.

Стереофонический усилитель, используемый для совместной работы с описываемым тьюнером, должен иметь входные разделительные конденсаторы.

Переключение стереодекодера в режим «Стерео» (при наличии поднесущей) и обратно в режим «Моно» (при отсутствии поднесущей) осуществляется автоматически без какого-либо внешнего вмешательства. Происходит это следующим образом. Во время приема монофонической программы сигнал с эмиттера транзистора T_5 поступает на диоды $Д_9$ — $Д_{12}$, открытые небольшим напряжением, подаваемым на них через резисторы R_{32} и R_{33}. Через открытые диоды, цепочки компенсации предыскажений и эмиттерные повторители монофонический сигнал подается на оба выхода (выводы *2* и *4*) стереодекодера и далее на входы обоих каналов стереофонического усилителя.

Транзисторы T_2, T_4, T_6 и T_7 образуют блок автоматики стереодекодера. Во время приема стереофонической программы, когда сигнал на входе усилителя ПЧ тьюнера достигает напряжения ограничения, блок автоматики срабатывает. В результате на катушке L_5 появляется напряжение, которое в зависимости от полярности его мгновенных значений поочередно открывает и закрывает диоды $Д_9$ — $Д_{12}$: при одном полупериоде — диоды $Д_9$ и $Д_{11}$, при другом $Д_{10}$ и $Д_{12}$. Синхронно с напряжением поднесущей частоты на диодные ключи воздействует и ПМ сигнал, соответствующие полуволны которого, поступая на ячейку $C_{23}R_{34}R_{36}C_{25}$ либо на ячейку $C_{24}R_{35}R_{37}C_{26}$, разделяют каналы.

Блок автоматики, кроме того, включает светодиод $Д_{13}$ индикации стереосигнала и выполняет еще одну функцию — изменяет режим работы транзистора T_8 каскада управления диодными ключами. Дело в том, что из-за большого коэффициента усиления канала выделения поднесущей частоты и широкой полосы пропускания тракта (до стереодекодера) отношение сигнал/шум во время приема монофонических программ оказывается слишком малым. Поэтому в режиме «Моно» транзистор каскада управления диодными ключами закрывается (коэффициент передачи равен минус 30 дБ).

Происходит это следующим образом. Сигнал поднесущей частоты, усиленный транзистором T_5, через конденсатор C_1, емкость которого определяет порог срабатывания блока автоматики, подается на базу транзистора T_2, усиливается и детектируется диодами $Д_2$ и $Д_3$, включенными по схеме умножения выходного напряжения. Продетектированный и сглаженный ячейкой $R_{12}C_8$ сигнал запускает триггер Шмидта, собранный на транзисторах T_4 и T_6. Правый (по схеме) транзистор триггера управляет режимом транзистора T_8, поэтому он средней мощности (ГТ403А). Питающее напряжение на коллектор транзистора T_8 подается с коллектора транзистора T_6 (через катушку L_4). Часть же этого напряжения, снимаемого с делителя $R_{27}R_{19}$, подается на базу транзистора T_8, а падение напряжения на резисторе R_{16} — на его эмиттер (через резистор R_{30}). Во время приема монофонической программы напряжение на коллекторе транзистора T_6 триггера, а значит, и на

коллекторе транзистора T_8 и делителе $R_{27}R_{19}$ мало. Одновременно в цепь эмиттера транзистора T_8 подается напряжение закрывающей полярности, поэтому в режиме «Моно» он закрывается.

Во время же приема стереофонической программы, когда появляется сигнал поднесущей частоты, транзистор T_4 открывается, транзистор T_6 закрывается и его коллекторное напряжение подается на коллектор транзистора T_8 и базовый делитель напряжения $R_{27}R_{19}$. Одновременно отрицательное напряжение на эмиттере транзистора T_8 уменьшается, и он открывается. Теперь на коллекторе этого транзистора появляется напряжение поднесущей частоты, которое выпрямляется диодом $Д_8$, фильтруется ячейкой $R_{31}R_{29}C_{20}$, поступает на базу транзистора T_8 и вводит его в насыщение. Одновременно открызается транзистор T_7 и в его эмиттерной цепи начинает светиться светодиод $Д_{13}$, сигнализируя переключение стереодекодера в режим «Стерео».

Детали этого блока тьюнера смонтированы на печатной плате размерами 165×73 мм (рис. 1-26), выполненной, как и платы предыдущих блоков, из фольгированного стеклотекстолита. Катушка L_1, содержащая 396 витков (360+36) провода ПЭВ-2 0,32, намотана на кольце из альсифера марки ТЧ-60. Ее индуктивность 19 мГ. Катушки L_2 — L_5 намотаны проводом ПЭВ-2 0,25 на кольцах К20×12×4 из феррита марки М300НН. Катушка L_2 содержит 80 витков, L_3 352 витка (320+32), L_4 180 витков, L_5 90 витков (45+45). Индуктивность катушки L_3 20 мГ, катушки L_4 5,1 мГ. Катушки L_6 — L_9 выходных фильтров намотаны на кольцах К20×12×4 из феррита марки М200НН и содержат по 680 витков провода ПЭВ-2 0,16 (индуктивность 60 мГ).

Блок питания (рис. 1-27) состоит из трансформатора питания $Тр_1$, двухполупериодного выпрямителя на диодах $Д_1$ — $Д_4$, включенных по мостовой схеме, конденсатора C_7, сглаживающего пульсации выпрямленно-

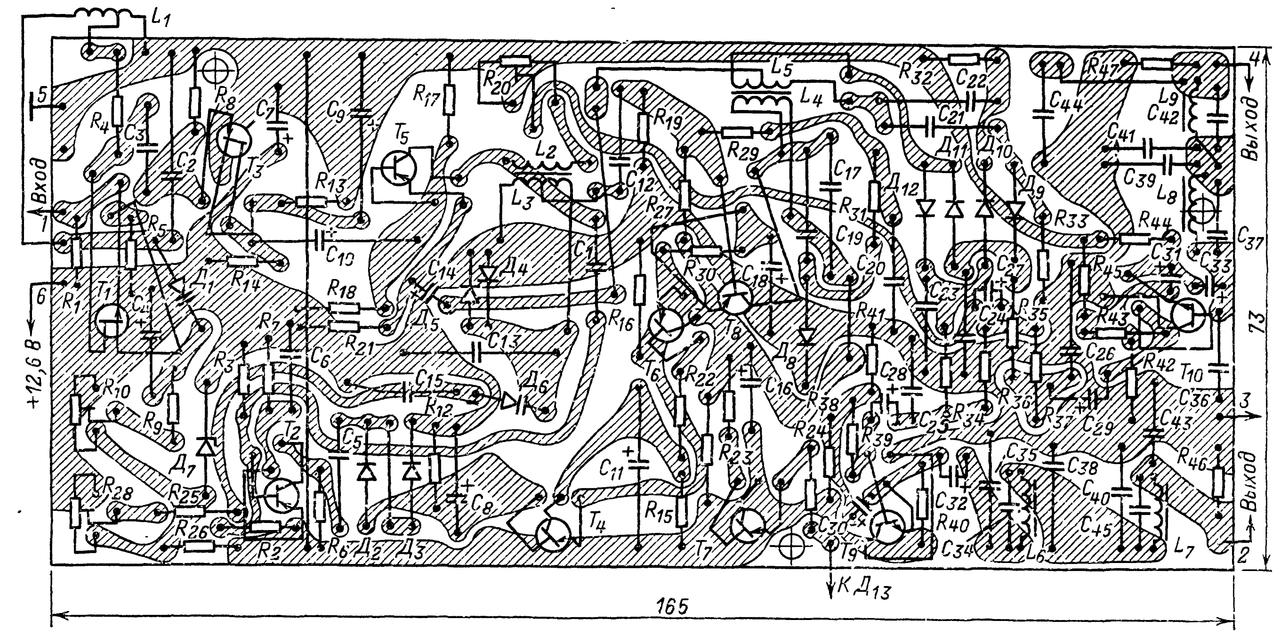


Рис. 1-26. Монтажная плата и схема соединений стереодекодера.

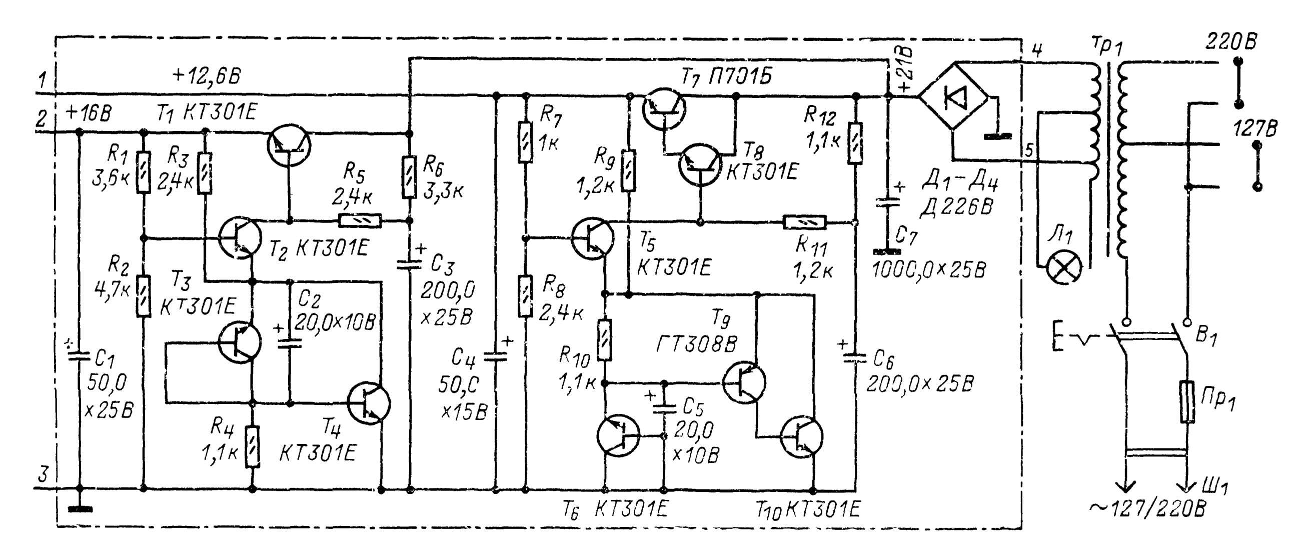


Рис. 1-27. Принципиальная схема блока питания.

го тока, и двух стабилизаторов напряжения. Напряжение на выходе стабилизатора, собранного на транзисторах T_1 — T_4, равно 16 В, стабилизатора на транзисторах T_5 — T_{10} — 12,6 В. Напряжение 16 В используется только для питания цепей настройки контуров блока УКВ. Лампочка $Л_1$ (СМ4-6,3-20) — индикатор включения питания.

ся добиться хороших переходных затуханий и линейности АХЧ. Подъем АХЧ первого его каскада на частоте поднесущей должен быть равен 14 дБ. При излишнем подъеме АХЧ на поднесущей частоте из-за добротности контуров более 100 или неточного подбора резистора R_4 (его сопротивление мало) разделение между каналами на низших частотах может ухудшиться и появятся

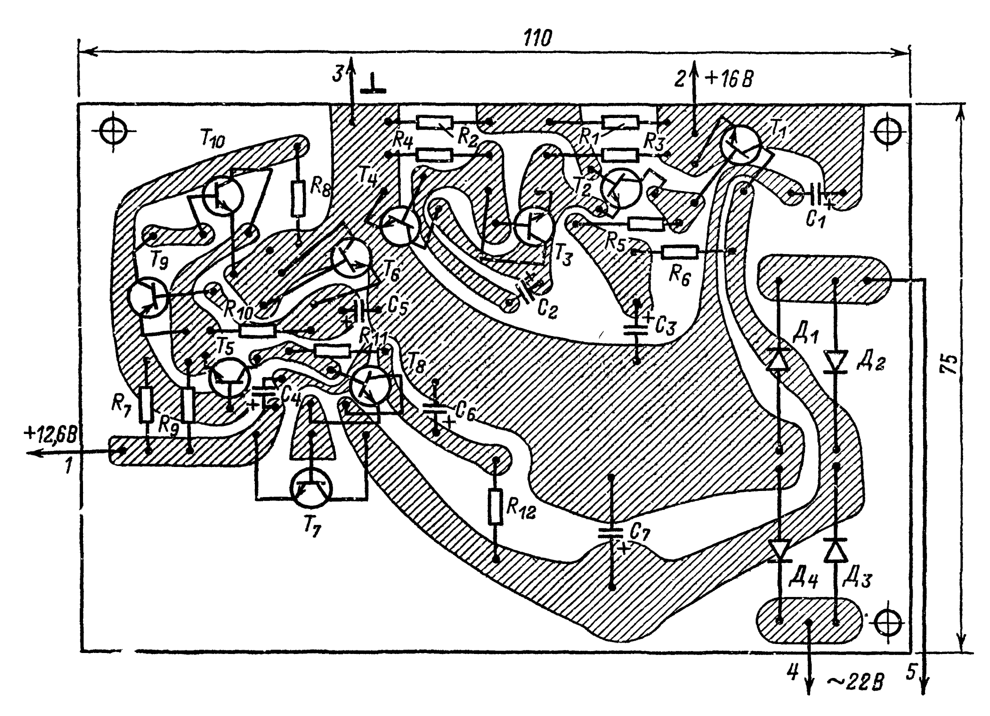


Рис. 1-28. Печатная плата выпрямителя.

Выпрямитель и детали стабилизаторов напряжения смонтированы на печатной плате размерами 110×75 мм (рис. 1-28), а трансформатор питания — на шасси тьюнера. Транзистор T_7 стабилизатора 12,6 В установлен на теплоотводе. Все электролитические конденсаторы типа К50-6. Трансформатор питания — ТН16-127/220-50.

Система управления тьюнером (см. рис. 1-20) состоит из кнопочного переключателя B_1, которым осуществляется выбор любой из шести радиовещательных станций, работающих в диапазоне 65,8—73 МГц, резисторов R_1 — R_{13}, образующих делители напряжений настройки контуров блока УКВ, и блокировочных конденсаторов C_1 — C_6.

Внешний вид возможной конструкции тьюнера и схема размещения его блоков в подвале шасси показаны на рис. 1-29. Монтажные платы блока УКВ и автоматического стереодекодера заключены в кадмированные латунные экраны, плата блока ПЧ — в посеребренный латунный экран. Катушка L_1 стереодекодера и трансформатор питания укреплены непосредственно на горизонтальной панели шасси. Выключатель и индикатор включения питания, светодиод индикации режима «Стерео» и кнопочный переключатель размещены на передней стенке шасси, предохранитель блока питания — на его задней стенке.

Блоки УКВ и УПЧ тьюнера проверяют и настраивают общеизвестными способами, неоднократно описанными в журнале «Радио» и другой радиотехнической литературе.

В автоматическом стереодекодере погрешность настройки контуров L_1C_2 и L_3C_{13} на частоту 31,25 кГц не должна превышать 3%. В противном случае не удастся

частотные искажения сигнала. Если же подъем АХЧ на поднесущей частоте окажется недостаточным, то возникнет перемодуляция, которая неизбежно приведет к ухудшению разделения между каналами и появлению искажений*.

Разделение каналов стереодекодера во многом зависит от емкости конденсатора C_{12}. Поэтому подбору этого конденсатора следует уделить особое внимание. Подав на вход стереодекодера сигнал КСС (режим, когда по одному каналу сигнал отсутствует, по второму — 80%-ная модуляция сигналом частотой 1000 Гц), подбором емкости этого конденсатора от 0,01 до 0,033 мкФ добиваются наилучшего разделения каналов. При хорошем разделении сигнал частотой 1000 Гц должен подавляться не менее чем на 30 дБ.

Максимального переходного затухания добиваются подстроечным резистором R_{20}. При правильно подобранном положении движка этого резистора автоматика стереодекодера должна срабатывать, о чем будет сигнализировать индикатор режима «Стерео». Если, однако, только резистором R_{20} этого добиться не удастся, подбирают еще конденсатор C_1 и резистор R_{12}. Если при снятии со входа стереодекодера сигнала КСС автоматика продолжает работать — светится светодиод, это указывает на то, что сопротивление резистора R_{12} должно быть меньше.

---

* Подробнее о восстановлении поднесущей частоты можно прочесть в книге Л. М. Кононовича «Стереофоническое вещание» (М., «Связь», 1974).

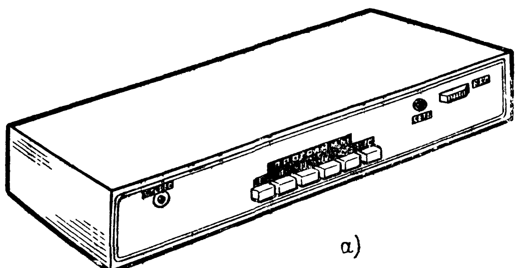


Рис. 1-29. Внешний вид тьюнера и схема размещения его узлов на шасси.

1 — плата стереодекодера; *2* — катушка L_1 стереодекодера; *3* — плата усилителя ПЧ; *4* — плата блока УКВ; *5* — трансформатор питания; *6* — выключатель питания; *7* — индикатор включения питания $Л_1$; *8* — плата блока питания; *9* — переключатель программ; *10* — индикатор «Стерео»; *11* — плата резисторов блока управления.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ТЕЛЕВИЗОРЫ

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТЕЛЕВИЗОР НА МИКРОСХЕМАХ СЕРИИ К224

Нашей промышленностью выпускается серия интегральных микросхем К224. Она рекомендуется для применения в бытовых телевизорах. Радиолюбители все более широко используют эту серию в своих конструкциях. Безусловно, заслуживает внимания малогабаритный телевизор, созданный К. Самойликовым.

Телевизор собран на шести микросхемах серии К224 и позволяет принимать сигналы станций, работающих в любом из 12 телевизионных каналов метрового диапазона волн. Чувствительность его не хуже 50 мкВ. Размер изображения на экране 45×35 мм, четкость 350 линий, число градаций яркости не менее 5. Выходная мощность усилителя НЧ около 0,05 Вт. Мощность, потребляемая телевизором от аккумулятора, равна 2,8 Вт, а при питании от сети — 6 Вт.

Телевизор состоит из блока высокой частоты (ВЧ) с предварительными усилителями сигналов изображения и звука и источником питания и блока видеоконтрольного устройства (ВКУ). В первый блок входят селектор каналов, усилители ПЧ изображения и звука, видеодетектор и предварительный каскад видеоусилителя, дробный детектор и предварительные каскады усилителя НЧ, узел автоматической регулировки усиления (АРУ), а также источник питания. Блок ВКУ содержит выходные каскады усилителя НЧ и видеоусилителя, динамическую головку и кинескоп, узел синхронизации и блоки кадровой и строчной разверток с выпрямителями напряжений питания кинескопа, видеоусилителя и цепи подстройки частоты гетеродина селектора каналов. Разделение на указанные блоки позволило уменьшить габариты видеоконтрольного устройства и его массу (450 г). При приеме передач блок ВЧ можно носить в кармане или подвесить на ремне через плечо. Его масса 700 г. Он связан

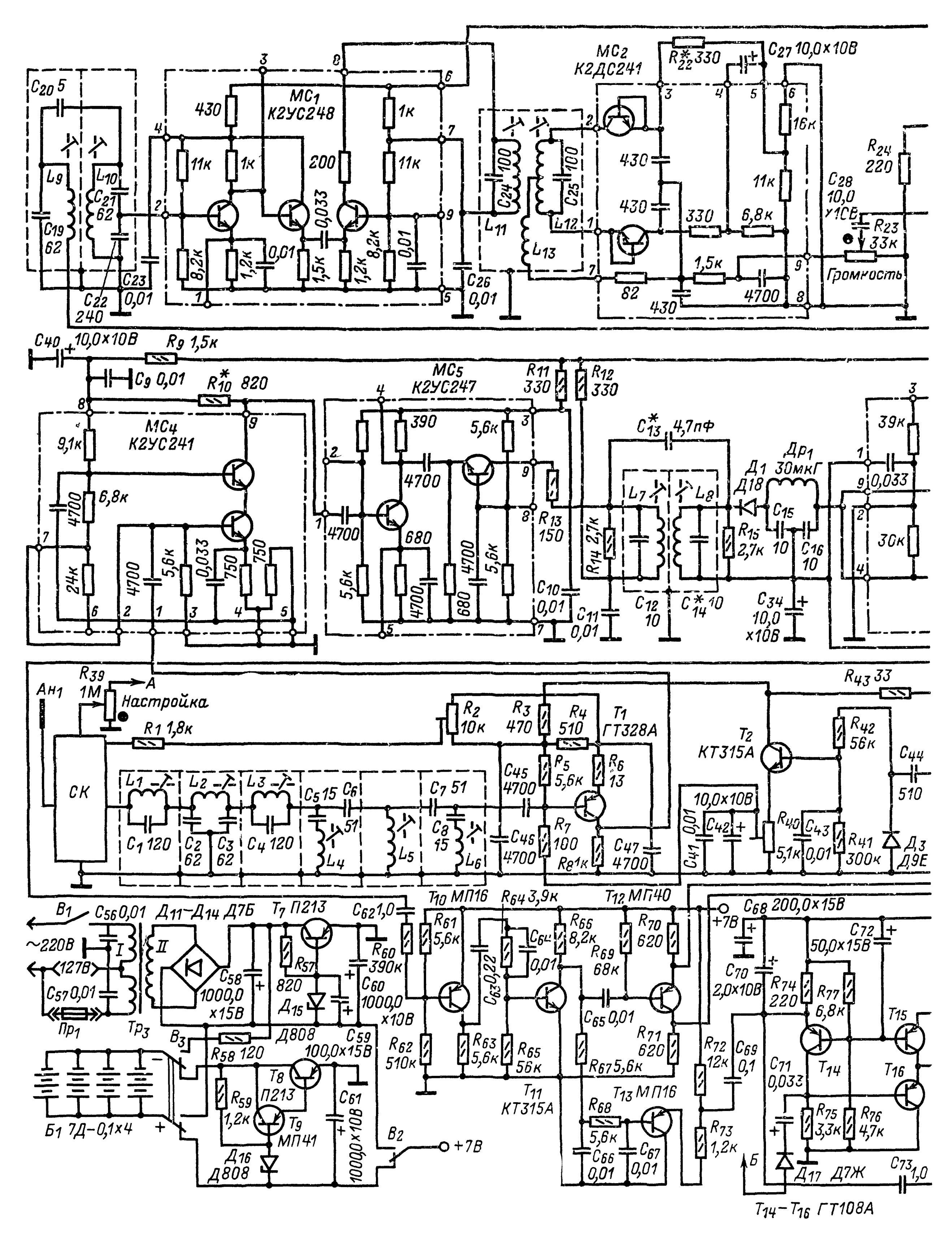
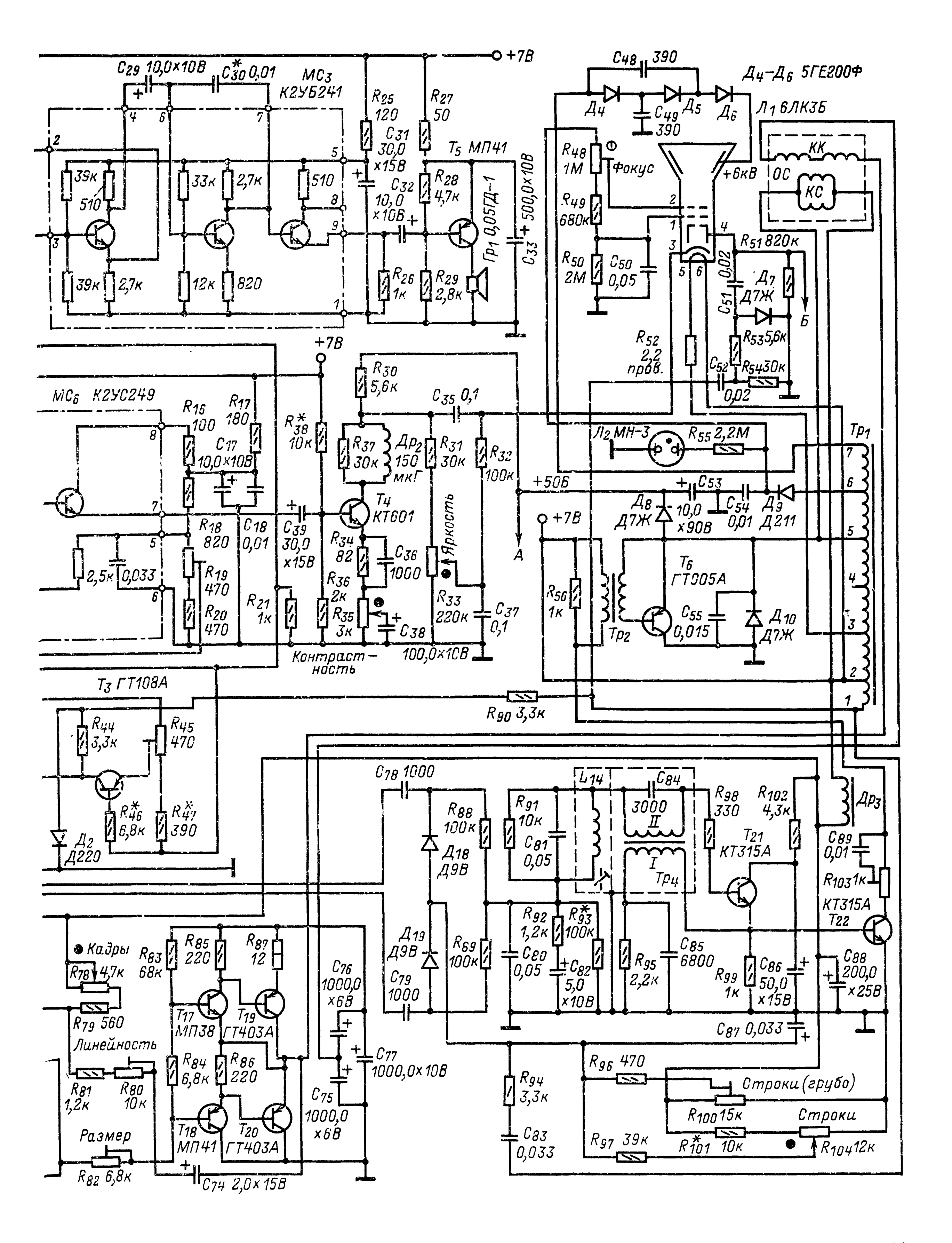


Рис 2-2 Принципиальная схема телевизора


+7В
C29 10,0×10В
C30* 0,01
MC3 К2УБ241
R25 120
R27 50
C31 30,0 ×15В
T5 МП41
C32 10,0 ×10В
R28 4,7к
Гр1 0,05ГД-1
C33 500,0×10В
R26 1к
R29 2,8к
C48 390
Д4–Д6 5ГЕ200Ф
C49 390
Л1 6ЛК3Б
R48 1М
Фокус
+6кВ
R49 680к
R50 2М
C50 0,05
R51 820к
Д7 Д7Ж
C51 0,02
R52 2,2 пров.
R53 5,6к
C52 0,02
R54 30к
КК
ОС
КС
МС6 К2УС249
R16 100
R17 180
C17 10,0×10В
R18 820
C18 0,01
R19 470
R20 470
R21 1к
R38* 10к
C39 30,0 ×15В
R30 5,6к
R37 30к
Др2 150 мкГ
T4 КТ601
R34 82
C36 1000
R36 2к
R35 3к
C38 100,0×10В
Контрастность
C35 0,1
R31 30к
R32 100к
Яркость
R33 220к
C37 0,1
+50В
Л2 МН-3
R55 2,2М
Tp1
C53 10,0 ×90В
C54 0,01
Д8 Д7Ж
Д9 Д211
+7В
T6 ГТ305А
R56 1к
Тр2
C55 0,015
Д10 Д7Ж
2,5к
0,033
T3 ГТ108А
R44 3,3к
R45 470
R46* 6,8к
R47* 390
Д2 Д220
R90 3,3к
C78 1000
R88 100к
Д18 Д9В
Д19 Д9В
R69 100к
C79 1000
L14
C84 3000
R91 10к
C81 0,05
Трч
R98 330
R102 4,3к
Др3
T21 КТ315А
C89 0,01
R103 1к
КТ315А T22
R92 1,2к
R93* 100к
C80 0,05
C82 5,0 ×10В
R95 2,2к
C85 6800
R99 1к
C86 50,0 ×15В
C88 200,0 ×25В
C87 0,033
Кадры
R78 4,7к
R79 560
Линейность
R81 1,2к
R80 10к
Размер
R82 6,8к
R83 68к
R85 220
R87 12
T17 МП38
T19 ГТ403А
R84 6,8к
R86 220
T18 МП41
T20 ГТ403А
C74 2,0×15В
C76 1000,0 ×6В
C77 1000,0×10В
C75 1000,0 ×6В
R94 3,3к
C83 0,033
R96 470
Строки (грубо)
R100 15к
Строки
R97 39к
R101* 10к
R104 12к

с ВКУ гибким многожильным кабелем длиной 0,8 м.

Структурная схема телевизора приведена на рис. 2-1. Сигнал с телескопической антенны $Ан_1$ поступает на селектор каналов (СК) блока ВЧ. Нагрузкой селектора каналов служит фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), в котором формируется необходимая частотная характеристика усилителя ПЧ сигнала изображения (УПЧИ) телевизора. После ФСС сигнал усиливается в видеосигнала и разделение синхроимпульсов кадровой и строчной разверток. В блоках кадровой и строчной разверток формируются необходимой формы и амплитуды токи для питания кадровой и строчной катушек отклоняющей системы кинескопа. Импульсы напряжения, возникающие в выходном трансформаторе блока строчной развертки, используются в выпрямителях, создающих все требуемые напряжения для питания кинескопа и

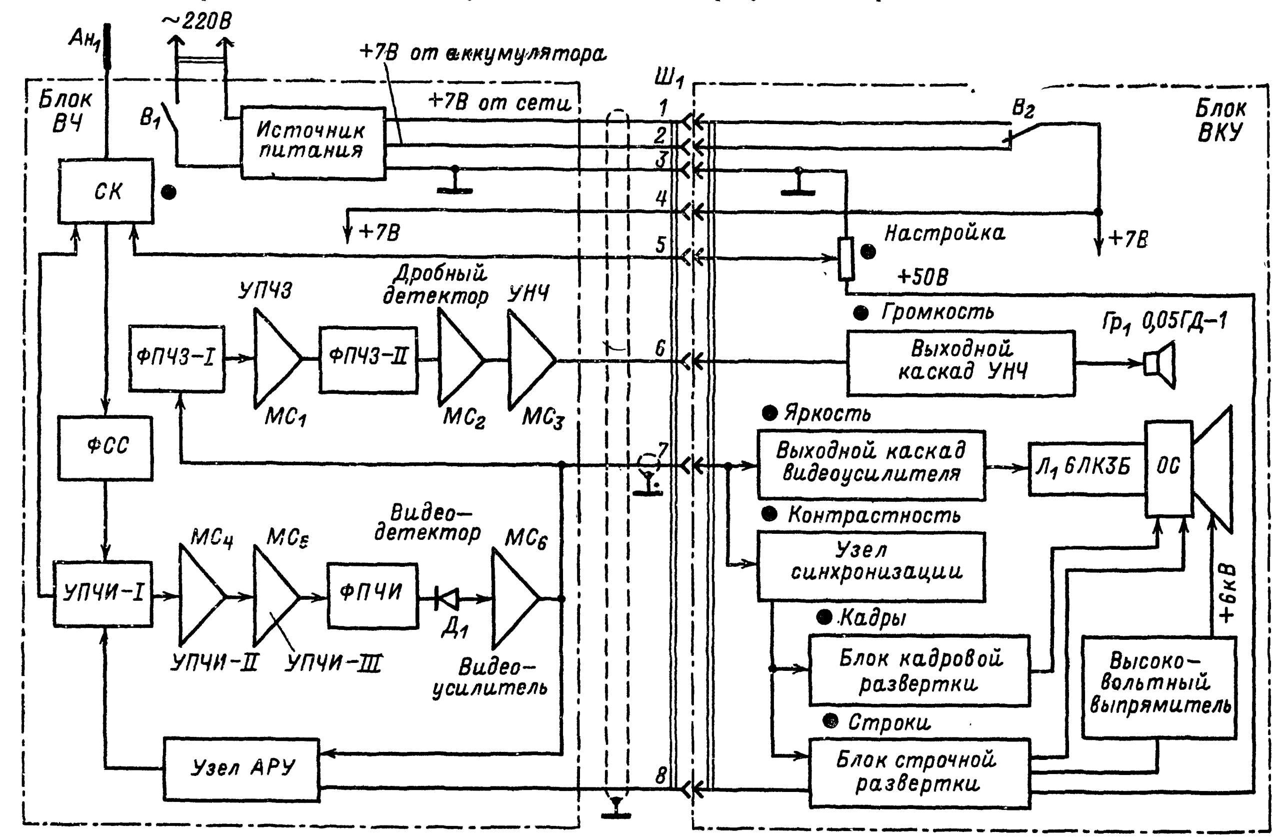


Рис. 2-1. Структурная схема телевизора.

каскадах УПЧИ и выделяется полосовым фильтром ФПЧИ. В видеодетекторе, являющемся нагрузкой фильтра, телевизионный сигнал детектируется и далее видеосигнал и сигнал звукового сопровождения усиливаются в предварительном каскаде видеоусилителя блока ВЧ. Эти сигналы с нагрузки каскада поступают в узел АРУ, управляющее напряжение с которого подается на первый каскад УПЧИ-I и затем на селектор каналов.

Сигнал звукового сопровождения на выходе видеоусилителя отделяется от видеосигнала фильтром ФПЧЗ-I и поступает на усилитель ПЧ звукового сопровождения (УПЧЗ), а затем детектируется дробным детектором (ФПЧЗ-II и микросхема $МС_2$). Далее сигналы НЧ усиливаются предварительным усилителем НЧ.

Видеосигнал и сигнал звукового сопровождения поступают по кабелю, соединяющему через разъем $Ш_1$ блок ВЧ с блоком ВКУ, на выходные каскады усилителей этих сигналов.

В блоке ВЧ размещен также источник питания, с помощью которого получают либо от сети, либо от аккумуляторов напряжение 7 В. Выбор источника питания осуществляют переключателем $В_2$.

В ВКУ усиленные в выходных каскадах видеосигнал и сигнал звукового сопровождения поступают соответственно на кинескоп и в громкоговоритель $Гр_1$. В узле синхронизации происходит отделение синхросмеси от напряжение для питания выходного каскада видеоусилителя и цепи подстройки частоты гетеродина селектора каналов.

Из ВКУ в блок ВЧ по кабелю поступают импульсы строчной развертки для работы узла АРУ и напряжение с резистора «Настройка» для подстройки частоты гетеродина селектора каналов.

Принципиальная схема телевизора изображена на рис. 2-2. Первый каскад УПЧИ, служащий нагрузкой ФСС, собран на транзисторе $Т_1$. В этом каскаде осуществляется автоматическая регулировка усиления. Далее сигналы усиливаются каскадами УПЧИ, собранными на микросхемах $МС_4$ и $МС_5$. Нагрузкой последнего каскада служит полосовой фильтр $L_7L_8C_{12}—C_{14}$, сигналы с которого поступают на видеодетектор (диод $Д_1$). Видеосигнал с детектора через фильтр нижних частот $Др_1C_{15}C_{16}$ поступает на микросхему $МС_6$, а затем на кабель, соединяющий блок ВЧ с ВКУ. Видеосигнал с нагрузки каскада этой микросхемы поступает на узел АРУ, собранный на транзисторах $Т_2$ и $Т_3$. Напряжение АРУ на селектор каналов снимается с эмиттерной нагрузки первого (регулируемого) каскада УПЧИ, чем достигаются необходимая последовательность работы системы АРУ и задержка АРУ селектора.

Сигнал звукового сопровождения выделяется последовательным контуром L_9C_{19} и через конденсатор C_{20} и

контур $L_{10}C_{21}C_{22}$ поступает на вход первого каскада УПЧЗ (микросхема $МС_1$). В ней происходит основное усиление сигнала, выделяемого затем полосовым фильтром $L_{11}L_{12}C_{24}C_{25}$. Этот фильтр совместно с микросхемой $МС_2$ образует дробный детектор. Сигнал НЧ после дробного детектора усиливается каскадами предварительного усилителя НЧ, выполненного на микросхеме $МС_3$. Выходной каскад усилителя НЧ — бестрансформаторный, на транзисторе T_5, работающий на громкоговоритель $Гр_1$.

Видеосигнал с выхода микросхемы $МС_6$ поступает на выходной каскад видеоусилителя, собранный на транзисторе T_4 по схеме с общим эмиттером. В нем осуществляется ВЧ коррекция дросселем $Др_2$.

Узел синхронизации выполнен на транзисторах T_{10} — T_{13}.

Кадровая развертка собрана по бестрансформаторной схеме на транзисторах T_{14} — T_{20}.

Блок строчной развертки состоит из задающего блокинг-генератора строк на транзисторе T_{21}, предварительного каскада усиления на транзисторе T_{22}, работающего на согласующий трансформатор $Тр_2$, и выходного каскада на транзисторе T_6 с выходным трансформатором $Тр_1$. Диод $Д_{10}$ — демпфирующий.

На диодах $Д_4$ — $Д_6$, $Д_8$, $Д_9$ собраны выпрямители питающих напряжений кинескопа, выходного каскада видеоусилителя и цепи подстройки частоты гетеродина селектора каналов.

В телевизоре применены трансформатор питания $Тр_3$ и дроссель фильтра питания $Др_3$, выходной трансформатор $Тр_1$ и трансформатор задающего генератора $Тр_4$ строчной развертки, катушки «звенящего» контура L_{14}, согласующий трансформатор $Тр_2$ и отклоняющая система ОС от телевизора «Электроника ВЛ-100». Селектор каналов ПТК-П. Для электронной подстройки частоты гетеродина в селекторе должен быть установлен варикап, подобранный экспериментально. Намоточные данные катушек ФСС, УПЧИ и УПЧЗ приведены в табл. 2-1.

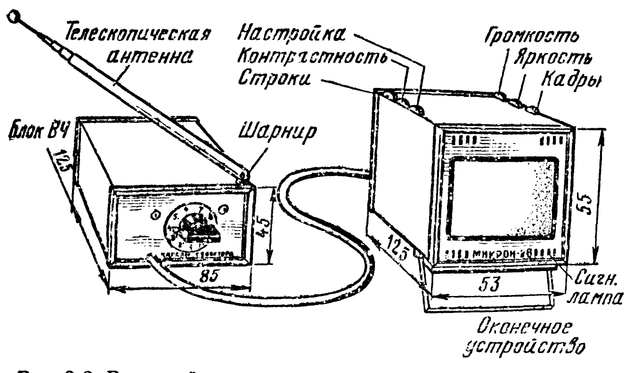


Рис. 2-3. Внешний вид телевизора.

Таблица 2-1

Обозначение по схеме	Число витков	Обозначение по схеме	Число витков
L_1, L_3	3,5	L_7, L_8, L_{13}	16
L_2	11	L_9—L_{13}	56
L_4, L_6	18	L_{12}	22×2
L_5	5		

Конструктивно телевизор разработан так, чтобы в дальнейшем при появлении новых микросхем его можно легко модернизировать. Например, первый каскад УПЧИ (транзистор T_1 на рис. 2) можно и сейчас выполнить на микросхеме К2УС246, но при экспериментировании было замечено, что в УПЧИ в этом случае (в условиях ближнего приема) может возникнуть ограничение видеосигнала. При отсутствии у радиолюбителей микросхем телевизор можно собрать на транзисторах КТ315А.

Телевизор может работать от сети, от аккумуляторов 7Д-0,1, а также от двух последовательно соединенных батарей 3336Л, но продолжительность работы в последнем случае составляет не более 40 мин.

Благодаря применению микросхем удалось разработать компактную конструкцию телевизора. Достаточно отметить, что все детали трактов изображения и звука, за исключением выходных каскадов усилителя НЧ и видеоусилителя, размещены на печатной плате размерами 43×75 мм. Эта плата, а также селектор каналов ПТК-П и детали источника напряжений питания размещены в блоке ВЧ.

Внешний вид телевизора показан на рис. 2-3. В блоке ВЧ находится весь высокочастотный тракт до оконечных усилителей видеоканала и канала звукового сопровождения. Оконечные усилители и элементы развертки со всеми регулировками расположены в видеоконтрольном блоке (рис. 2-4).

Сверху над кинескопом *11* расположены плата задающего генератора кадровой развертки *1* узла синхронизации *2* и высоковольтного выпрямителя *3*. Чуть ниже на кронштейне закреплены регуляторы для настройки телевизора и расположены детали выходных каскадов усилителя НЧ (справа, если смотреть на экран кинескопа) и видеоусилителя (слева). С правой стороны тоже на кронштейне укреплена помещенная в экран плата задающего генератора строчной развертки *9*. Снизу кинескопа находятся плата выходного каскада кадровой развертки *13* с транзистором T_{19} (*12*) и плата строчной развертки, на которой расположены транзисторы T_{22} (*10*) и T_6 (на рисунке не виден), трансформаторы $Тр_2$(*8*) и $Тр_1$ (с другой стороны кинескопа, также не виден на рисунке). На задней стенке каркаса закреплены громкоговоритель *6*, кнопка переключения питания $В_2$ (*5*), резистор фокусировки изображения *4* и разъем $Ш_1$ (*7*).

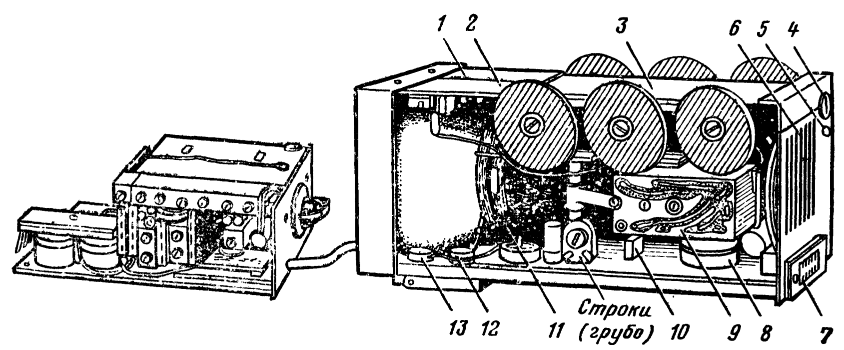


Рис. 2-4. Высокочастотный блок и оконечное устройство без корпуса.

Намоточные данные катушек помещены в табл. 2-1

Катушки L_9 — L_{12} намотаны проводом ПЭВ-2 0,19 на каркасах из органического стекла диаметром 5 мм, длиной 16 мм в один слой, виток к витку. Катушка L_{13} намотана проводом ПЭВ-2 0,19 на бумажном кольце, расположенном поверх катушки L_{12} посредине ее. Центры каркасов катушек L_{11} и L_{12}, L_{13} при установке на плате должны отстоять на 8 мм друг от друга. Все катушки заключены в алюминиевые экраны размерами 11×11×14 мм, катушки настраивают сердечниками из карбонильного железа диаметром 4 мм.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Конструкторы бытовой радиоаппаратуры наряду с повышением ее электроакустических параметров заняты разработкой устройств, повышающих эксплуатационные удобства, создающих определенный комфорт при пользовании телевизорами, радиоприемниками, магнитофонами. К числу таких устройств можно отнести сенсорное переключение диапазонов, фиксированные настройки, программирование работы аппаратуры, дистанционное управление и пр.

Управление на расстоянии с помощью проводных и беспроводных систем создает значительные удобства при эксплуатации телевизоров; при этом появляется возможность с некоторого расстояния включать и выключать телевизор, переключать программы, регулировать громкость, яркость и контрастность изображения.

Беспроводные системы дистанционного управления обладают рядом вполне понятных преимуществ по сравнению с проводными. Здесь рассмотрена одна из систем беспроводного ультразвукового дистанционного управления, созданная группой сотрудников Московского научно-исследовательского телевизионного института. Эта система, разработанная для управления телевизором, может быть применена и для управления приемником, магнитофоном и другой аппаратурой. Для этого нужно только изменить конструкцию исполнительного механизма, приспособив ее к органам управления того или иного аппарата.

Беспроводные устройства дистанционного управления могут быть световыми, радиочастотными и ультразвуковыми. Первые не нашли широкого применения из-за того, что системы, использующие луч света, подвержены помехам от посторонней засветки, вторые же создают радиопомехи. Ультразвуковая система свободна от этих недостатков.

Команды управления в описываемой системе передаются с пульта в виде ультразвуковых колебаний в диапазоне 33—45 кГц. Каждой команде соответствуют свои частоты, различающиеся на 2,5 кГц. Это достигается подключением в контур генератора конденсаторов различной емкости. При этом частоты выбраны так, что основная частота строчной развертки на работу системы не влияет. В приемнике ультразвуковых колебаний установлены частотно-избирательные элементы, выделяющие сигналы команд, которые запускают то или иное исполнительное устройство.

Передающее устройство описываемой системы дистанционного управления состоит из генератора электрических колебаний ультразвуковой частоты, преобразователя электрических сигналов в механические ультразвуковые колебания и системы коммутации, позволяющей менять частоту излучения согласно передаваемой команде.

На рис. 2-5 приведена принципиальная схема передающего устройства. Генератор ультразвуковых электрических колебаний собран на транзисторе T_1 по схеме с индуктивной обратной связью. Индуктивным элементом генератора является трансформатор $Тр_1$. Частота генератора изменяется подключением конденсаторов C_1 — C_{10} к его контуру. Ультразвуковой электростатический преобразователь включен во вторичную обмотку трансформатора генератора. Переключателями B_1 — B_6 осуществляется выбор команд: B_1 — выключение телевизора (33 кГц); B_2 — переключение программ (40,5 кГц); B_3 — яркость больше (35,5 кГц); B_4 — яркость меньше (43 кГц); B_5 — громкость больше (38 кГц); B_6 — громкость меньше (45 кГц). Ультразвуковые колебания значительно поглощаются в воздухе и поэтому радиус действия системы не превышает 15 м.

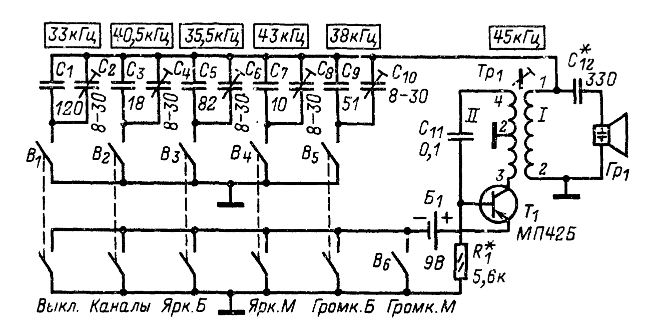


Рис. 2-5. Принципиальная схема передающего устройства

В качестве ультразвукового преобразователя применен самодельный конденсаторный излучатель. Конструктивно преобразователь представляет собой конденсатор, одной обкладкой которого служит металлическая пластина с кольцевыми или спиральными углублениями. Другой пластиной является тонкая мембрана, расположенная на очень небольшом расстоянии от металлической пластины. Под воздействием ультразвуковых колебаний мембрана колеблется, в результате чего изменяется емкость между обкладками с частотой акустического сигнала. Следует заметить, что по аналогии с телефонным наушником частота колебаний мембраны будет тогда соответствовать частоте электрических колебаний, когда на обкладки конденсаторного излучателя будет подано постоянное напряжение подпитки, выполняющее роль постоянного магнита в головных телефонах. В данной конструкции напряжение подпитки в передающем излучателе отсутствует. Поэтому для получения ультразвуковых частот сигнала команд частота генератора должна быть в 2 раза ниже, чем частоты ультразвуковых акустических колебаний. Таким образом при отключенных конденсаторах C_1 — C_{10} частота настройки генератора будет 22,5 кГц. При последовательном подключении контурных конденсаторов частоты электрических колебаний, развиваемых генератором, будут соответственно равны 21,5; 20,25; 19,0; 17,75 и 16,5 кГц.

Для повышения стабильности командных частот преобразователь подключают к колебательному контуру через разделительный конденсатор C_{12}.

Пульт управления собран в прямоугольном полистироловом корпусе размерами 118×70×35 мм. Внешний вид пульта показан на рис. 2-6. На лицевой стороне корпуса закреплена декоративная панель с шестью отверстиями под кнопки B_1 — B_6. Рядом с отверстиями имеются надписи, соответствующие подаваемым командам.

Монтаж генератора выполнен на печатной плате из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. Чертеж печатной платы показан на рис. 2-7. Корпус, лицевую панель и печатную плату крепят при помощи стоек с резьбовыми отверстиями под винты М3. На плате со стороны печатных проводников около отверстий под кнопки имеются контактные площадки, по которым при нажатии на кнопку скользят контакты их ползунков, причем вначале подключаются конденсаторы, соответствующие определенным командам, а уже потом источник питания гренератора.

Кнопки изготовляют из любого изоляционного материала, а ползунок — из бронзы по чертежам, приведенным на рис. 2-8. При сборке кнопки на ее направляющий штырь вначале надевают ползунок, а затем пружину с изолирующими шайбами на концах. Направляющие штыри при наложении печатной платы на стойки корпуса должны войти в квадратные отверстия платы. Пружина опирается на печатную плату и возвращает кнопку в исходное положение после нажатия. Расположение деталей внутри корпуса пульта показано на рис. 2-9.

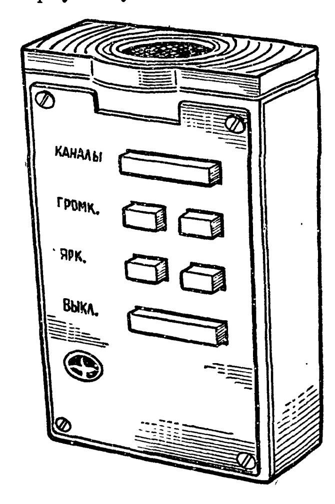


Рис. 2-6. Внешний вид пульта.

Ультразвуковой преобразователь изготовляют по чертежам, приведенным на рис 2-10. Наиболее трудоемкой деталью является диск *1* (бронза, дюралюминий). После нарезания концентрических канавок на диске рифленую поверхность следует отшлифовать с применением пасты ГОИ. При сборке преобразователя лавсановую пленку *9* толщиной 5—6 мкм с нанесенным на одну из ее сторон металлическим слоем толщиной в 1—2 мкм (такая пленка применяется в конденсаторах МПГО) накладывают на основание *8*, прижимают прокладкой *5* и закрепляют винтами *11* (М2), при этом металлизированная поверхность пленки должна быть обращена к основанию *8*. Затем на выступающий контакт диска *1* надевают прокладку *2* и пружину *3*, вставляют этот контакт в отверстие фланца *4* и, держа его, втягивают диск во внутрь фланца, который затем опускают на прокладку *5* с пленкой *9* и закрепляют все винтом *6* (М2). После закрепления контакт отпускают, и поверхность пленки становится зеркальной, без складок. Собранный узел вставляют в стакан *7*, куда заранее вставляют защитную сетку *10*, и загибают крепежные лапки на стакане.

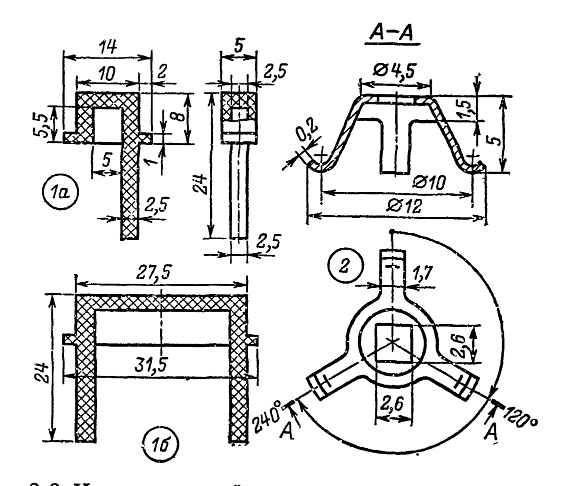


Рис. 2-8. Чертеж деталей кнопки.

1а — малая кнопка; *1б* — большая кнопка; *2* — ползунок.

Емкость собранного преобразователя должна быть в пределах 140—200 пФ. Если это условие выполнено, то можно быть уверенным, что преобразователь собран правильно и имеет необходимые параметры.

В пульте управления применены конденсаторы постоянной емкости КСО-1 (или КТ), подстроечные конденсаторы КПК 8—30 пФ. Трансформатор генератора имеет каркас, чертеж которого приведен на рис. 2-11. Обмотка *I* содержит 3500, а *II* — 110+40 витков провода ПЭВ-2 0,1 с изоляцией между обмотками одним слоем триацетатной пленки. В трансформаторе применен магнитопровод из феррита, его типоразмер МПСК-2-Т 5,5×2,5×24.

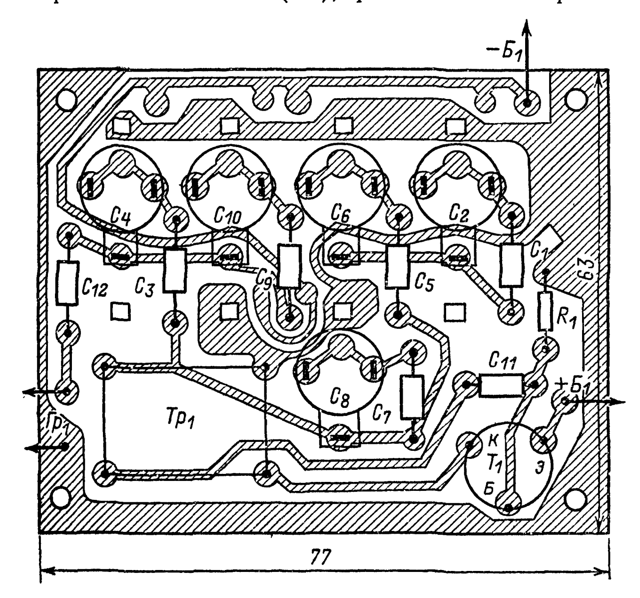


Рис. 2-7. Чертеж печатной платы генератора.

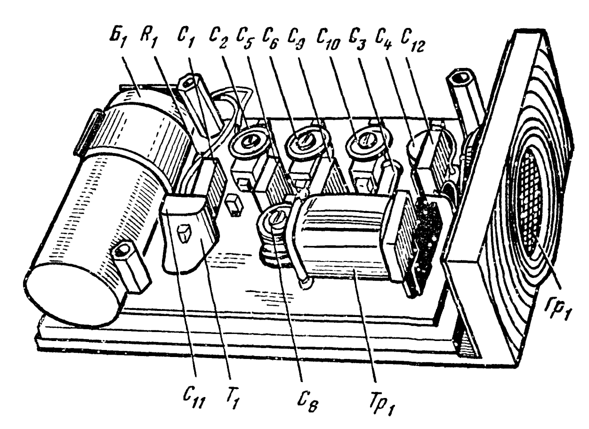


Рис. 2-9. Расположение деталей внутри корпуса.

Налаживание передающего устройства следует проводить перед окончательной сборкой на макетной плате. Работоспособность генератора проверяют следующим

Рис. 2-10. Детали ультразвукового преобразователя.

образом. При включении питания должен прослушиваться звук высокого тона. Если подключить вольтметр ВК7-9 к первичной обмотке контура автогенератора, то прибор должен показать 250 В. Величина амплитуды сигнала будет зависеть от качества сборки преобразователя. Когда при нажатии любой из кнопок напряжение на первичной обмотке Tp_1 резко уменьшается, следует поменять местами выводы обмотки *II*. Если же и после этого не будет необходимой амплитуды выходного сигнала, то следует ультразвуковой преобразователь заменить конденсатором КСО-1 или КСО-2 с емкостью, равной емкости преобразователя. При наличии на контуре 250 В следует подобрать емкость конденсатора C_{12}

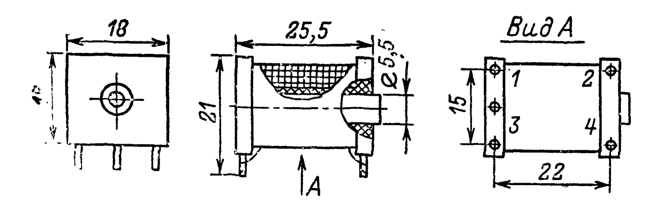


Рис. 2-11 Каркас трансформатора.

такой, чтобы на преобразователе было напряжение порядка 180—220 В. Ток питания автогенератора при этом не должен превышать 20 мА, иначе будет очень большой расход тока от источника питания, имеющего небольшую емкость. При токе более 40 мА транзистор генератора может выйти из строя. В этом случае следует поменять местами выводы *3* и *4* обмотки *II*.

Определенные трудности представляет настройка генератора на рабочие частоты команд. Можно использовать для этой цели осциллограф и звуковой генератор и по фигурам Лиссажу определить точные частоты настройки. Если такой возможности нет, следует изготовить приемную часть системы и взаимно подстраивать приемник и передатчик до получения четкого исполнения команд. В этом случае частоты командных сигналов будут отличаться от указанных ранее, но это не будет иметь существенного значения.

Принципиальная схема приемного устройства системы ультразвукового дистанционного управления изображена на рис. 2-12. Приемник состоит из преобразователя акустических ультразвуковых сигналов в электрические колебания, широкополосного усилителя, шести (по числу команд) избирательных каскадов и исполнительного устройства. Широкополосный усилитель собран на транзисторах T_1—T_4. Сигнал с электроакустического преобразователя подается на базу транзистора T_1. Схема усилителя, за исключением последнего каскада, не имеет особенностей. Первый каскад — эмиттерный повторитель, служит для согласования входного сопротивления усилителя с выходным сопротивлением преобразователя. Три последующих каскада обеспечивают усиление принимаемого сигнала в $60 \cdot 10^3$ раз. Последний каскад, собранный на транзисторе T_4, является усилителем мощности и одновременно служит согласующим между широкополосным усилителем и входами селективных каскадов. Нагрузкой оконечного каскада служит понижающий трансформатор Tp_1, первичная обмотка которого совместно с конденсатором C_8 образует резонансный контур, настроенный на среднюю частоту рабочего диапазона передачи сигналов команд. Резистор R_{17} служит для расширения полосы пропускания контура.

При приеме сигнала одной из команд управления на вторичной обмотке трансформатора Tp_1 создается напря-

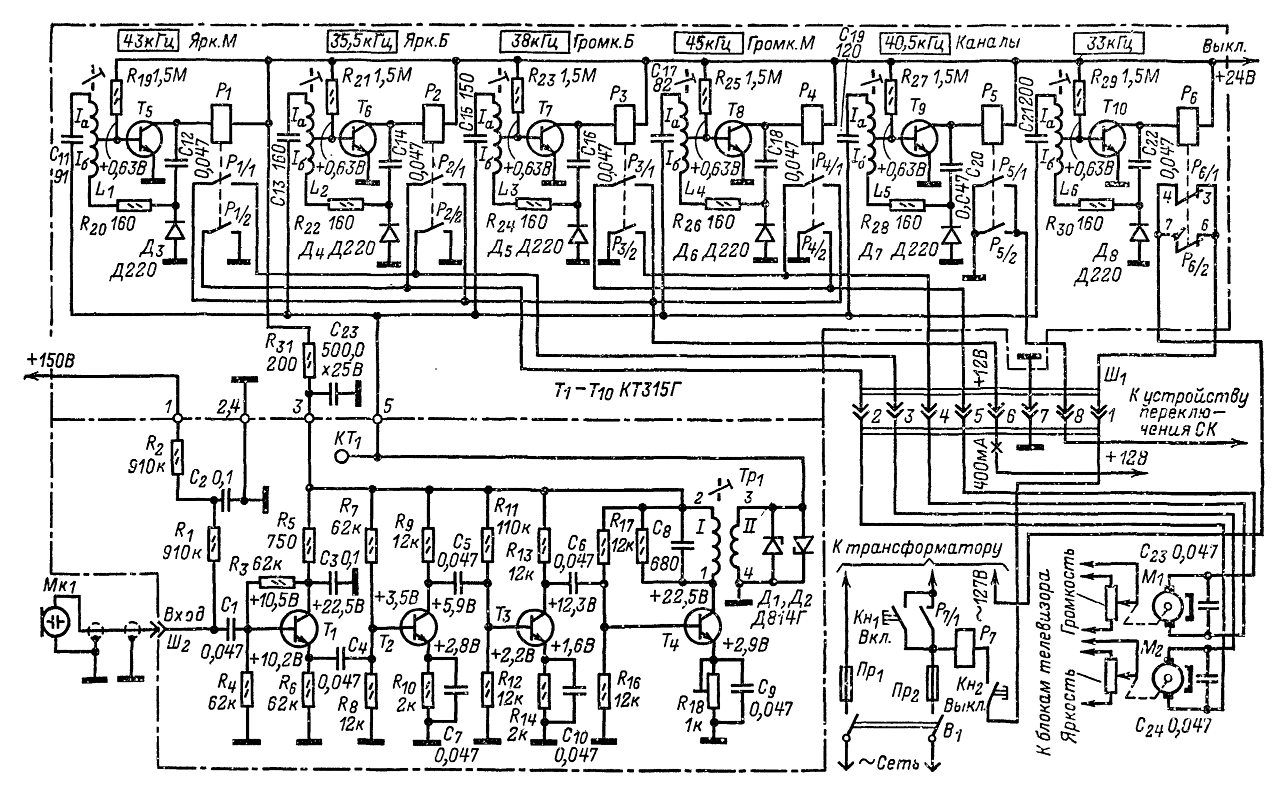


Рис. 2-12. Принципиальная схема приемного устройства.

жение управления не менее 0,3 В. Во избежание ложного срабатывания соседнего по частоте избирательного каскада при сильном сигнале, когда расстояние от передатчика до приемника не превышает 3—4 м, на выходе широкополосного усилителя включен двухсторонний ограничитель на стабилитронах $Д_1$, $Д_2$.

Выбор нужного сигнала команды осуществляется электронными реле, на входе которых включены последовательные колебательные контуры L_1C_{11}, L_2C_{13} и т. д., настроенные на соответствующие командные частоты. Для получения полосы пропускания 1,5—2,0 кГц и снижения влияния выходного сопротивления транзистора на добротность контура коэффициент включения транзистора выбран равным 0,1. Режимы работы транзисторов $T_5 — T_6$ подобраны так, что при отсутствии сигнала на входе их коллекторные токи незначительны и намного меньше токов срабатывания реле $P_1 — P_6$. При подаче сигнала на вход избирательного электронного реле он усиливается и через конденсатор в коллекторной цепи поступает на диод, выпрямляется им и снова поступает на базу этого же транзистора. Транзистор еще больше открывается, переходит в режим насыщения, и коллекторный ток оказывается достаточным для срабатывания реле. Сработавшее реле своими контактами включает исполнительное устройство. Для первого избирательного электронного реле это будут электромеханическое реле P_7 и электродвигатели M_1 и M_2. Выключение телевизора осуществляется с помощью реле P_6, которое своими контактами разрывает цепь питания обмотки P_7, и оно через контакторы $P_{7/1}$ выключает питание телевизора. Вручную телевизор можно выключить или включить посредством кнопок $Кн_1$ и $Кн_2$.

Исполнительное устройство для переключения каналов состоит из двигателя типа РД-09, системы шкивов и контактной системы. Двигатель включается контактами реле P_5 приемного устройства. В телевизоре возле ПТК устанавливают электродвигатель с редуктором. На валу редуктора укреплен шкив диаметром 20 мм, который связан ременной передачей с другим шкивом диаметром 25 мм, укрепленным на выступающем конце оси барабана ПТК. В шкивах сделаны углубления, в которые заходит ремень передачи. На оси ПТК вместе со шкивом передачи укреплен пластмассовый диск диаметром 75 мм. На диске сделаны прорези, в которые западает гибкий контакт системы, выключающей двигатель при установке оси барабана ПТК в положение, соответствующее выбранному каналу. Для того чтобы ось барабана ПТК начала снова вращаться, нужно подать команду на переключение программ, замкнуть контакты реле P_5, включающие двигатель. Пластмассовый диск вместе с осью ПТК приходит во вращение, контакт выходит из прорези, и электродвигатель будет продолжать вращаться, пока контакт снова не попадет в углубление на пластмассовом диске и цепь питания двигателя будет разомкнута до подачи следующей команды.

Регулировка громкости и яркости осуществляется двумя электродвигателями M_1 и M_2. Вал каждого из них соединен с осью регулируемого резистора через трехступенчатую систему передачи с коэффициентом передачи 1:260. Частота вращения осей резисторов около 10 об/мин. Включение электродвигателей осуществляется контактами реле $P_1 — P_4$. При изменении полярности напряжения питания оси двигателей вращаются в обратную сторону.

Таблица 2-2

Обозначение по схеме	Обмотка	Число витков	Провод
$Тр_1$	I	1200	ПЭЛ 0,1
	II	240	ПЭЛ 0,15
$L_1—L_6$	Ia	1400	ПЭЛ 0,1
	Iб	140	ПЭЛ 0,1

Намоточные данные катушек и трансформатора приведены в табл. 2-2. Катушки наматывают внавал на каркасах из полистирола. Наружный диаметр каркаса 12,5 мм, ширина намотки 11 мм. Катушки помещены в броневые сердечники СБ-23-17а из карбонильного железа. Реле P_1—P_6 РЭС-9 (паспорт РС4.524.200 или РС4.524.201), P_7 — любое работающее от сети напряжением 127 В, например ПЭ-23; электродвигатели M_1 и M_2 ДМ-0,3-3А (можно использовать и ДП-4, уменьшив напряжение их питания до 3,7 В).

Приемник выполнен на двух печатных платах (рис. 2-13 и 2-14). Размещение деталей на общей плате приемного устройства показано на рис. 2-15. Для устранения возможного самовозбуждения между каскадами широкополосного усилителя следует установить экраны. Если приемное устройство предполагается разместить в корпусе телевизора, следует предусмотреть полную экранировку всех элементов от наводок, имеющих достаточно большой уровень.

Акустический преобразователь приемного устройства выполняется так же, как и в передатчике, с той лишь разницей, что на него подают напряжение подпитки 150 В. Это значительно повышает чувствительность приемника. Следует учитывать, что в этом случае частота колебаний мембраны увеличивается в 2 раза по сравнению с микрофоном без подпитки.

Размещать микрофон-преобразователь следует в корпусе телевизора возможно дальше от трансформа-

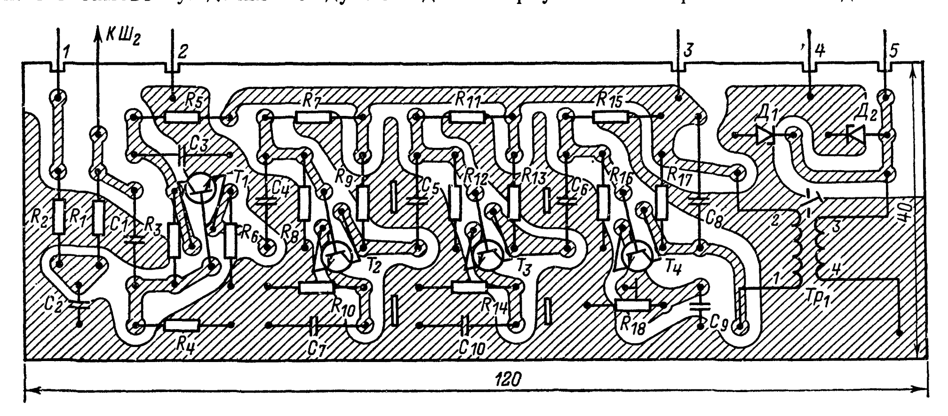


Рис. 2-13. Печатная плата приемного устройства.

Рис. 2-14. Печатная плата избирательных реле.

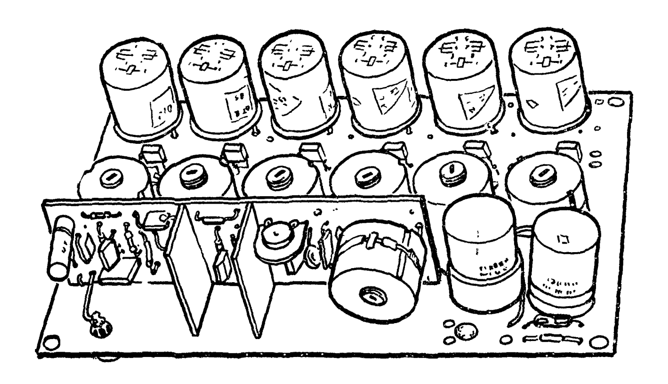


Рис. 2-15. Внешний вид приемного устройства с избирательными реле.

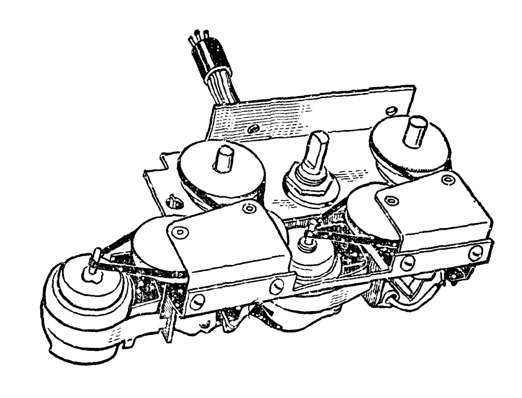


Рис. 2-16. Внешний вид исполнительного механизма для регулировки яркости и громкости.

тора строчной развертки. Конструкция исполнительного устройства для регулировки громкости, яркости и включения телевизора показана на рис. 2-16. Приемные устройства и исполнительный механизм можно питать от общего источника питания телевизора, но лучше изготовить отдельный выпрямитель на необходимые напряжения. От трансформатора этого выпрямителя следует питать и двигатель РД-09 при переключении ПТК.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЗВУКОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

УСИЛИТЕЛЬ НЧ С МИКРОСХЕМОЙ К2УС245

Малогабаритный усилитель с интегральной микросхемой К2УС245, который можно использовать в низкочастотном тракте переносного приемника или для воспроизведения монофонической грамзаписи, разработали В. Баранов, Ю. Семенов и В. Трофимов. Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 3-1. Питается усилитель от источника постоянного тока напряжением 12,8; 9 или 6 В. Ток покоя равен соответственно 5,5; 4 и 2,7 мА. Полоса рабочих частот 80 Гц—12 кГц при неравномерности частотной характеристики не более ±1,5 дБ. Выходная мощность на нагрузке сопротивлением 4 Ом при напряжении источника питания 12,8 В— 2 Вт, при 9 В — 0,8 Вт, при 6 В — 0,25 Вт. Коэффициент гармоник не более 1%. При номинальной мощности и

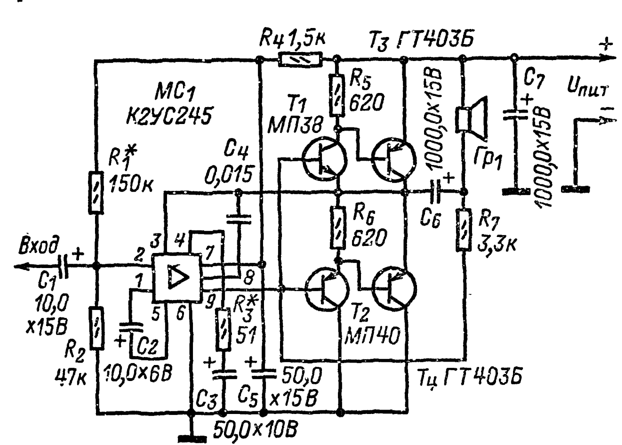


Рис. 3-1. Принципиальная схема усилителя НЧ с микросхемой К2УС245.

напряжении питания 12,8 В к. п. д. усилителя равен 45%.

Входное сопротивление усилителя около 25 кОм.

Усилитель содержит семь каскадов, пять из которых, образующих предварительный усилитель напряжения, объединены в микросхеме $МС_1$ (электрическую принципиальную схему К2УС245 см. на рис. 1-4). В шестом каскаде, обеспечивающем сдвиг фазы напряжения НЧ, работают маломощные транзисторы T_1 и T_2 разных структур, в седьмом, выходном двухтактном усилителе мощности, — транзисторы T_3 и T_4 средней мощности структуры *р-п-р*.

Усиливаемый сигнал от звукоснимателя поступает через разделительный конденсатор C_1 и вывод *2* микросхемы $МС_1$ на первый ее транзистор, работающий как эмиттерный повторитель. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель, с которого на базу этого транзистора подается начальное положительное напряжение смещения.

Связь между транзисторами первого и второго каскадов микросхемы емкостная, через конденсатор C_2, включенный между ее выводами *1* и *5*. Остальные межкаскадные связи непосредственные. Положительное напряжение на коллекторы транзисторов второго, третьего и четвертого каскадов (вывод *7*) подается через развязывающий фильтр R_4C_5, на коллектор транзистора пятого каскада (вывод *9*) — через динамическую головку $Гр_1$ и резистор R_7. Вывод *6* микросхемы является ее общей минусовой точкой.

Сигнал НЧ, усиленный микросхемой, поступает через ее выходной вывод *9* непосредственно на базы транзисторов T_1 и T_2, а с их нагрузочных резисторов R_5 и R_6 — непосредственно на базы транзисторов T_3 и T_4 выходного каскада. Головка $Гр_1$, подключенная к общей точке транзисторов T_3 и T_4, преобразует низкочастотный сигнал в звуковые колебания.

Равномерность частотной характеристики в рабочем диапазоне частот и достаточно высокую термостабильность обеспечивает отрицательная обратная связь по переменному току, напряжение которой снимается с выхода усилителя и вместе с постоянным напряжени-

ем питания подается через вывод *3* микросхемы на коллектор ее входного транзистора. Эта же обратная связь устраняет и искажения типа «ступенька», хотя на базы транзисторов T_1 и T_2 не подается напряжения смещения.

Отрицательную обратную связь регулируют подбором резистора R_3. С увеличением сопротивления этого резистора глубина ее увеличивается. При этом уменьшаются нелинейные искажения, расширяется полоса усиливаемых частот, но усиление снижается.

Входной транзистор микросхемы одновременно стабилизирует режим работы всего усилительного тракта. Происходит это следующим образом. Коллектор этого транзистора и делитель напряжения смещения базы транзистора второго каскада питаются через общий резистор, имеющийся в микросхеме (см. рис. 1-4, схема К2УС245). Это значит, что любые изменения напряжения источника питания вызывают изменения коллекторного тока транзистора первого каскада и, следовательно, напряжения смещения на базе транзистора второго каскада. А так как транзисторы всех последующих каскадов усилителя, в том числе предоконечного (транзисторы T_1, T_2) и выходного (T_3, T_4), связаны между собой непосредственно, то изменения смещения на базе транзистора второго каскада микросхемы передаются на выход усилителя, что ведет к симметрированию плеч выходного каскада.

Все детали усилителя, кроме головки громкоговорителя и источника питания с выключателем питания, смонтированы на печатной плате размерами 90×55 мм, выполненной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Внешний вид платы и схема соединения деталей показаны на рис. 3-2. Проволочная перемычка, соединяющая вывод *6* микросхемы с общим токонесущим проводником платы, должна присутствовать обязательно — она устраняет паразитную положительную обратную связь через печатные проводники платы и уменьшает нелинейные искажения.

Резисторы, использованные в усилителе, типа МЛТ-0,125, конденсаторы — К50-6 (C_1—C_3, C_5—C_7) и КЛС (C_4). Динамическая головка $Гр_1$ может быть со звуковой катушкой сопротивлением 4—6 Ом мощностью 0,5—2 Вт (в зависимости от напряжения источника питания). Чтобы при пониженной температуре не ухудшалось воспроизведение низших звуковых частот, электролитический конденсатор должен быть холодоустойчивым.

Желательно, чтобы пары транзисторов T_1, T_2 и T_3, T_4 имели одинаковые или возможно близкие параметры $h_{21Э}$ и $I_{КБО}$.

Транзисторы выходного каскада (ГТ403Б) укреплены в ребристых теплоотводах (рис. 3-3) путем тугой посадки во внутренние цилиндрические отверстия в них. Со стороны выводов транзистора надевают стальную шайбу и всю конструкцию стягивают вместе с платой двумя винтами. Для лучшего охлаждения транзисторов их теплоотводы зачернены.

Если детали усилителя предварительно проверены и нет ошибок в монтаже, то налаживание усилителя сводится всего к двум операциям. Сначала, подключив к выходу динамическую головку и включив питание, подбором резистора R_1 устанавливают на выводе 3 микросхемы (а значит, и в точке симметрии выходного каскада) напряжение, равное половине напряжения источника питания. Затем резистором R_3 подбирают такую глубину отрицательной обратной связи по переменному току, при которой параметры усилителя будут соответствовать указанным в начале статьи. При отсутствии измерительных приборов, с помощью которых можно оценить частотную характеристику усилителя и его коэффициент усиления, глубину отрицательной обратной связи устанавливают на слух, добиваясь неискаженного воспроизведения грамзаписи.

Плату усилителя, питающую его батарею и выключатель питания можно смонтировать в ящике громкоговорителя произвольной конструкции. Регулятором же

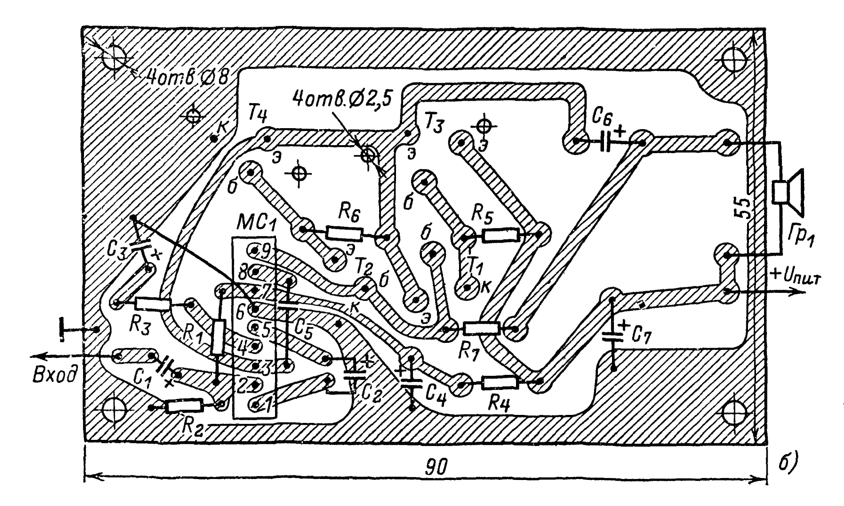


Рис. 3-2. Внешний вид усилителя (*а*), его печатная плата и схема соединения деталей (*б*).

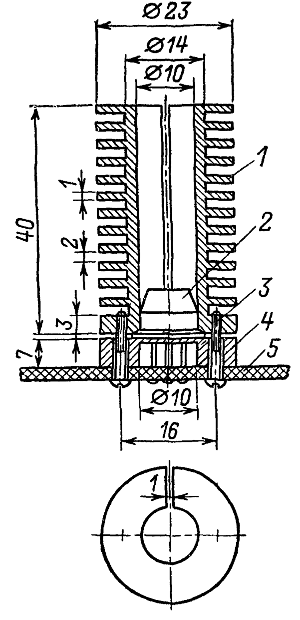


Рис. 3-3. Теплоотвод транзистора выходного каскада.
1 — теплоотвод (сплав Д16-Т); *2* — транзистор; *3* — винт М2; *4* — шайба (сталь); *5* — монтажная плата.

громкости может быть переменный резистор сопротивлением 10—20 кОм, включенный потенциометром на входе усилителя (до конденсатора C_1).

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Разработанный москвичом В. Львовым усилитель НЧ предназначен для звуковоспроизведения стереофонических и монофонических грамофонных и магнитофонных записей, радиовещательных и телевизионных программ. Судя по анкете, проведенной редакцией журнала, многие читатели, увлекающиеся конструированием аппаратуры высококачественного звуковоспроизведения, дали высокую оценку этому усилителю.

Внешний вид усилителя показан на рис. 3-4, а его принципиальная электрическая схема — на рис. 3-5. Через разъем $Ш_1$ и переключатель B_2 на вход усилителя подается сигнал от пьезоэлектрического звукоснимателя, через разъем $Ш_2$ — от радиоприемника, через гнезда *5*, *3* и *2* разъема $Ш_3$ — от магнитофона. С гнезд *4*, *1* и *2* разъема $Ш_3$ можно снять усиливаемый сигнал для записи на магнитофон. Разъем $Ш_5$ предназначен для подключения к выходу усилителя стереофонических головных телефонов.

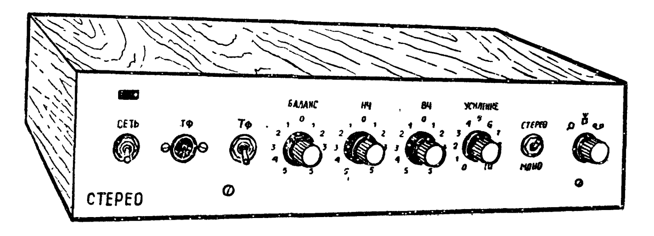


Рис. 3-4. Внешний вид усилителя.

Номинальная выходная мощность каждого канала усилителя 10 Вт при коэффициенте гармоник 0,5%, максимальная 14 Вт при коэффициенте гармоник 2%. Входное сопротивление около 1 МОм. Полоса рабочих частот от 20 до 20 000 Гц при неравномерности АЧХ ±1 дБ.

Чувствительность усилителя 250 мВ. Регулировка тембра — раздельная по высшим и низшим звуковым частотам. Диапазон регулировки на частоте 30 Гц от —15 до +25 дБ, на частоте 15 000 Гц от —15 до +20 дБ. Пределы регулировки стереобаланса в каждом канале 8 дБ. Рассогласование частотных характеристик стереофонических каналов не более 2 дБ. Переходное затухание между каналами в рабочем диапазоне частот 40 дБ. Отношение сигнал/шум 60 дБ. Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В. Мощность, потребляемая от сети, не более 60 Вт. Размеры усилителя 37×87×300 мм.

Усилитель рассчитан на совместную работу с громкоговорителями 10МАС-1М или другими акустическими системами мощностью 8—12 Вт и сопротивлением 6—12 Ом.

Каналы усилителя совершенно идентичны, поэтому на рис. 3-5 показана схема одного из них — канала I. Блок питания является общим для обоих каналов.

Рис. 3-5. Принципиальная схема усилителя.

Канал образуют двухкаскадный блок предварительного усиления и коррекции и усилитель мощности. Громкоговоритель подключают к выходу усилителя мощности через разъем $Ш_4$. При включении стереофонических телефонов (разъем $Ш_5$) переключатель $В_4$ ставят в нижнее (по схеме) положение.

В первом каскаде блока предварительного усиления и коррекции работает кремниевый двухэмиттерный транзистор КТ118А структуры *p-n-p*, включенный по схеме составного эмиттерного повторителя (T_1). Каскад обеспечивает усилителю большое входное сопротивление и хорошее отношение сигнал/шум. Резисторы R_1, R_3, R_4 и конденсаторы C_1 и C_3 образуют цепи коррекции, обеспечивающие при работе со входа звукоснимателя подъем низших звуковых частот на 10 дБ, равномерную частотную характеристику в полосе частот 1—15 кГц и ослабление частот выше 15 кГц. Заменой резисторов R_1 и R_4 резисторами других номиналов можно увеличивать или, наоборот, уменьшать подъем низших звуковых частот, а подбором конденсатора C_3 сдвигать границу ослабления высших звуковых частот. Необходимая глубина коррекции частотной характеристики зависит не только от индивидуальных особенностей слухового восприятия, но и от частотных свойств используемых громкоговорителей.

С резистора R_6, являющегося нагрузкой составного эмиттерного повторителя, сигнал через конденсатор C_5, тонкомпенсированный регулятор громкости R_8 и конденсатор C_7 поступает на базу транзистора T_2 второго каскада и одновременно через резистор R_7 на гнездо *4* разъема $Ш_3$ (для записи на магнитофон). Этот каскад охвачен двумя частотно-зависимыми отрицательными обратными связями. Цепь, позволяющая изменять усиление каскада в области низших звуковых частот, образуют конденсаторы C_{11}, C_{13}, резисторы R_{15}, R_{19}, R_{17} и дроссель $Др_1$, в области высших звуковых частот — конденсаторы C_{10}, C_{12} и резисторы R_{18}, R_{16}.

Переменный резистор R_{21}, на который поступают сигналы от обоих каналов усилителя, является регулятором стереобаланса.

Транзисторы T_3 и T_4, связанные между собой непосредственно, образуют предварительный усилитель напряжения усилителя мощности. Для лучшего согласования выходного сопротивления этого усилителя и входного сопротивления следующего каскада транзистор T_4 включен по схеме эмиттерного повторителя.

Оконечный усилитель мощности, в котором работают транзисторы T_5—T_{10}, является трехкаскадным усилителем тока. Транзисторы T_9 и T_{10} двухтактного выходного каскада включены по схеме последовательного питания с симметрирующей точкой «А», напряжение в которой (относительно корпуса) равно половине напряжения источника питания. Транзистор T_6 структуры *n-p-n*, усиливающий положительные полуволны сигнала звуковой частоты, создает сдвинутое по фазе напряжение НЧ на базе транзистора T_{10} (относительно базы транзистора T_9).

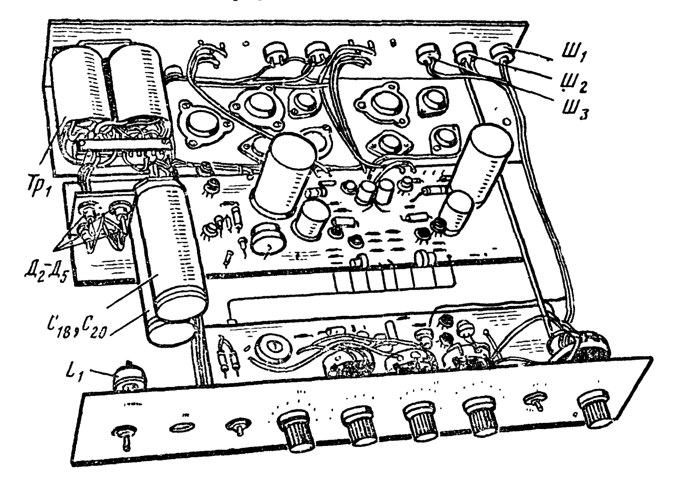


Рис. 3-6. Конструкция усилителя.

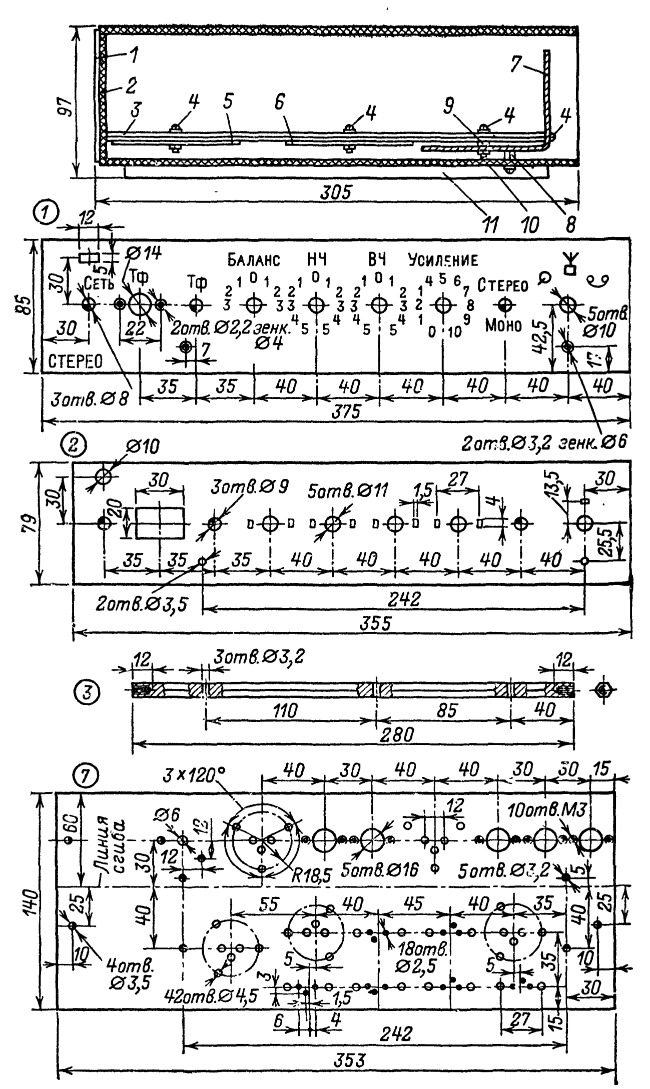


Рис. 3-7. Конструкция и детали корпуса усилителя.

1 — передняя панель (сталь Д16-Т, 1,5—2 мм); *2* — дополнительная панель (текстолит, 3 мм); *3* — шестигранный пруток (латунь, 2 шт.); *4* — винт М3; *5, 6* — платы усилителя мощности и стабилизатора напряжений; *7* — уголок (АМГ, 3 мм, чернить); *8* — резьбовая втулка М3; *9* — прокладка; *10* — корпус; *11* — ножка корпуса.

Характерная особенность выходного каскада — идентичность его верхнего и нижнего плеч, что позволяет получить отличное межкаскадное согласование усилителя мощности. В данном случае транзисторы П605А, работающие в предоконечном каскаде, обеспечивают нормальный режим работы любых транзисторов из серий КТ802—КТ908, используемых в выходном каскаде. Повышенная надежность эксплуатации усилителя мощности при различных температурных условиях обеспечивается терморезисторами R_{29} и R_{33}. Даже при значительном перегреве выходных транзисторов ток покоя усилителя мощности остается практически неизменным.

Рис. 3-8. Монтажные платы.

а — плата блока предварительного усиления и коррекции; *б* — плата усилителя мощности и стабилизатора напряжения.

Резисторы R_{39} и R_{25} образуют цепь отрицательной обратной связи между выходом и входом усилителя мощности. Ее глубину регулируют подбором резистора R_{39}. Без нее коэффициент гармоник в рабочем диапазоне частот (20—20 000 Гц) не превышает 2%. При глубокой отрицательной обратной связи коэффициент гармоник уменьшается до 0,5%.

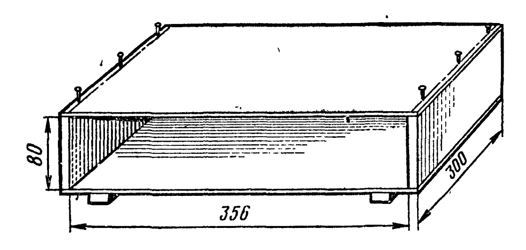


Рис. 3-9. Корпус усилителя.

Блок питания состоит из трансформатора $Тр_1$, понижающего напряжение сети переменного тока до 35 В, двухполупериодного мостового выпрямителя на диодах $Д_2$—$Д_5$, конденсатора C_{20}, сглаживающего пульсации выпрямленного тока и стабилизатора напряжения, собранного на транзисторах T_{11}—T_{13} и стабилитроне $Д_1$. Лампа $Л_1$ — световой индикатор включения питания. Предохранитель $Пр_2$ в цепи вторичной обмотки трансформатора предохраняет стабилизатор и усилитель мощности от перегрузок.

Все детали и узлы усилителя смонтированы на конструкции с лицевой панелью (рис. 3-6), которую вставляют в четырехстенную коробку-корпус (см. рис. 3-9) и закрепляют в ней двумя винтами. Роль задней стенки выполняет уголок (поз. *7* на рис. 3-7), согнутый из пластины алюминиевого сплава АМГ раз-

мерами 353×140 мм, являющийся теплоотводом транзисторов усилителей мощности обоих каналов и транзистора T_{12} стабилизатора напряжения. Изолирующими прокладками между корпусами этих транзисторов (кроме транзистора T_{10} первого канала и соответствующего ему транзистора второго канала) и уголком служит лавсановая пленка толщиной 0,05 мм. На уголке укреплены также входные и выходные разъемы усилителя, трансформатор питания. Уголок скреплен с передней панелью с помощью двух шестигранных латунных прутков (поз. *3* на рис. 3-7).

Детали блока предварительного усиления и коррекции и усилителя мощности с деталями стабилизатора напряжения (кроме транзисторов средней и большой мощности, которые находятся на уголке) смонтированы на отдельных печатных платах (рис. 3-8) из фольгированного стеклотекстолита. Платы укреплены винтами на прутках.

Боковые стенки корпуса (рис. 3-9) сделаны из фанеры толщиной 10 мм, нижняя и верхняя стенки — из листового оргалита толщиной 5 мм. Снаружи корпус обтянут декоративной поливинилхлоридной пленкой ПДС-0,12, имитирующей ценные породы древесины.

Постоянные резисторы, используемые в усилителе, типов ОМЛТ и МТ, конденсаторы — КМ, К50-6, К50-3Б, переменный резистор R_{21} — СП-I, сдвоенные переменные резисторы — СП-III.

Дроссель $Др_1$ (и аналогичный ему дроссель канала II), индуктивность которого должна быть в пределах 0,5—1 Гц, выполнен на кольце 16×8×4 из феррита марки 2000НМ и содержит 600 витков провода ПЭЛШО 0,12. Трансформатор $Тр_1$ блока питания намотан на двух половинах магнитопровода ШЛ32×25 мм. Секция *1—2* первичной обмотки содержит 222 витка, секция *2—3* — 1200 витков провода ПЭВ-2 0,38, секция *3—4* — 1050 витков провода ПЭВ-2 0,27. Вторичная обмотка *5—6* содержит 395 витков провода ПЭВ-2 0,83. Экранирующая обмотка *7* состоит из одного слоя провода ПЭВ-2 0,27, намотанного виток к витку. На одном каркасе наматывают сетевую обмотку, на другом — понижающую. Если трансформатор однокаркасный, между обмотками следует проложить экран.

Вообще же в блоке питания можно использовать трансформатор питания мощностью 60—80 Вт от любого лампового радиоприемника или магнитофона, заменив его вторичные обмотки одной обмоткой, понижающей напряжение сети до 32—35 В.

Разъемы — универсальные трехштырьковые СШ3 и пятиштырьковые СШ5. Переключатели B_1 и B_4 — микровыключатели МТ-1, выключатель питания B_3 МТ-3, переключатель B_2 галетный 3П3НП.

Без ухудшения параметров усилителя двухэмиттерный транзистор КТ118А можно заменить двумя транзисторами ГТ308, ГТ310, ГТ322 или МП27, МП28, изменив соответственно только разметку токонесущих проводников участка платы, относящегося к транзистору этого каскада. Возможна также замена на транзисторы МП39Б или МП40—МП42 при некотором ухудшении параметров усилителя. Вместо транзисторов П605А в усилителе можно использовать транзисторы П601—П609 или ГТ905, ГТ906, вместо КТ903А — транзисторы серий КТ802—КТ908. В стабилизаторе напряжения вместо ГТ901Б можно применить ГТ701 или ГТ806 или в несколько худшем варианте — П209, П210, а вместо ГТ402Б — транзистор ГТ403Б или П213—П217.

Налаживание усилителя начинают с проверки работоспособности стабилизатора напряжения на холостом ходу, т. е. при отключенном от него усилителе. Для этого к выходу стабилизатора (параллельно конденсатору C_{18}) подключают вольтметр постоянного тока, например универсальный прибор ТТ-1 или Ц-20, установленный в положение измерения постоянного напряжения, и на короткое время тумблером B_3 включают блок питания. При заведомо исправных деталях и правильном монтаже напряжение на выходе стабилизатора должно составлять 36—44 В. После этого подбором резистора R_{42} устанавливают на выходе стабилизатора напряжение, равное точно 40 В. После этого переходят к налаживанию самого усилителя.

Сначала к выходу стабилизатора подключают один из каналов усилителя, например канал I. В качестве эквивалента нагрузки целесообразно использовать остеклованный резистор сопротивлением 10 Ом на мощность рассеяния 10 Вт. Налаживание начинают с измерения напряжения в точке симметрии «А» усилителя мощности — оно должно быть равно половине напряжения источника питания, т. е. 20 В. Это напряжение устанавливают подбором резистора R_{28}. При этом регулятор громкости R_3 должен быть в положении нулевого входного сигнала. После этого проверяют и, если надо, подгоняют режимы работы транзисторов налаживаемого канала. Рекомендуемое напряжение на коллекторе транзистора T_3 (и базе T_4) устанавливают подбором резистора R_{22}, на коллекторе транзистора T_2 — подбором резистора R_{10}, на эмиттере составного эмиттерного повторителя T_1—подбором резистора R_5.

Особое внимание следует уделить подбору резистора R_{31}, определяющего режим и качество работы усилителя мощности. Делать это лучше всего с помощью генератора звуковой частоты и электронного осциллографа при разорванной цепи отрицательной обратной связи (резисторы R_{39}, R_{25}). Подав на вход усилителя слабый низкочастотный сигнал, желательно частотой 10—20 кГц, по кривой на экране осциллографа контролируют форму напряжения на выходе усилителя. Подбором резистора R_{31} устанавливают минимально возможное смещение на базе транзисторов T_6 и T_7, при котором в выходном сигнале полностью отсутствует переходная «ступенька». Добившись этого, восстанавливают цепь отрицательной обратной связи.

Аналогично настраивают второй канал усилителя.

Если нет генератора и осциллографа, то переходную «ступеньку» устраняют на слух. Делают это так. К стабилизатору напряжения подключают оба канала, а к их выходам — громкоговорители. Проверив и дополнительно прокорректировав режимы транзисторов обоих каналов, на вход усилителя подают сигнал от пьезоэлектрического звукоснимателя ЭПУ. Грампластинка должна быть новой. Качественный анализ звука производят при малой мощности, подбирая резистор R_{31} одновременно в обоих каналах с шагом 62, 68, 75, 82, 91 Ом. Наличие переходной «ступеньки» в усилителях мощности воспринимается на слух как резкое звучание высоких тонов («скрипящие» высокие тоны). Необходимо подобрать резисторы наименьших сопротивлений, при которых сохраняется хорошее звучание воспроизводимой грамзаписи.

В заключение проверяют эксплуатационную надежность стереоусилителя. На первом этапе проверки усилитель в корпусе при нулевом входном сигнале выдерживают во включенном состоянии 5—8 ч. За это время температура теплоотвода не должна подняться выше 30—35° С. На втором этапе проверки усилитель в корпусе выдерживают 3—4 ч при среднем уровне входного сигнала. При этом температура теплоотвода не должна превышать 50° С. В противном случае терморезисторы R_{33} придется заменить терморезисторами несколько меньших номиналов и повторить установку рабочей точки каскадов усилителя мощности обоих каналов.

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ КВАДРАФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Описываемый здесь четырехканальный квадрафонический усилитель, созданный И. Козловым, рассчитан на повторение радиолюбителями высокой квалификации. Сложность конструкции окупается качеством звуковоспроизведения.

Усилитель, который может использоваться в радиокомплексе, позволяет прослушивать стереофонические программы, в том числе радиостанций УКВ диапазона, передачи в режиме псевдоквадрафонии, что осуществляется путем подачи на тыловые громкоговорители противофазных сигналов двух стереоканалов. В режиме псевдоквадрафонии можно прослушивать и монофонические программы. В этом случае обычная монофоническая программа преобразуется в псевдостереофоническую путем подачи на один из фронтальных громкоговорителей сигналов с частотой выше 3,5 или 7,5 кГц в противофазе и далее за счет противофазного включения тыловых громкоговорителей — в псевдоквадрафоническую.

Выходная мощность фронтальных каналов усилителя 3 Вт, тыловых в режиме псевдоквадрафонии 2 Вт, в режиме квадрафонии 3 Вт. Полоса рабочих частот всех четырех каналов усилителя от 40 до 16 000 Гц.

Усилитель рассчитан на подключение к нему тьюнера, стереофонического ЭПУ с пьезоэлектрическим звукоснимателем, кассетой магнитофонной приставки (на базе «Вильма-302-стерео») и четырехканального магнитофона. Чувствительность со входа тьюнера 10 мВ, со входа звукоснимателя 200 мВ, со входа магнитофона 250 мВ, с четырехканального входа 100 мВ. Регулировка тембра по низшим и высшим звуковым частотам раздельная как по фронту, так и тылу; диапазон регулировки не менее ±10 дВ. Регулировка громкости и баланса по фронту и тылу также раздельная. Регулятор громкости по тылу одновременно является и регулятором глубины псевдоквадраэффекта.

Структурная схема усилителя изображена на рис. 3-10. Его фронтальные каналы образуют предварительные усилители *В*, *Д* и усилители мощности *Ж* и *К* с громкоговорителями *Л* и *О*, а тыловые — блок *Г* и усилители мощности *З* и *И* с громкоговорителями *М* и Н на выходах. В комплект усиления входят также стереодекодер *Б* для приема стереофонических программ УКВ станций и приемник *А* с фиксированными настройками на шесть радиовещательных станций диапазонов СВ и ДВ.

Питание всего приемно-усилительного устройства осуществляется от блока питания *П* с выходными напряжениями: переменное 6,3 В и постоянное +15, —12 и —20 В. Переменное напряжение 6,3 В используется для питания индикаторных ламп накаливания, постоянное напряжение +15 В — для питания обмоток электромагнитных реле.

Переключателем B_1 ко входу усилителя могут быть подключены встроенный приемник *А*, УКВ тьюнер (через разъем $Ш_1$), пьезоэлектрический звукосниматель (разъем $Ш_2$), магнитофонная приставка (разъемы $Ш_3$ и $Ш_4$), четырехканальный магнитофон (разъем $Ш_5$). При подключении приемника или тьюнера на них одновременно подается и постоянное напряжение питания (12 В). Через разъемы $Ш_6$ и $Ш_7$ (и контакты секций *а* переключателей B_1 и B_2) подается напряжение сети, питающее ЭПУ и магнитофон. Роль индикаторов включения различных источников сигналов выполняют лампы $Л_1$—$Л_4$ и $Л_{13}$. Конденсаторы C_1—C_5 и резисторы R_1—R_5, R_{36}—R_{39} служат для согласования АЧХ усилителя и источников сигнала.

При переводе замыкающих контактов переключателя B_2 в нижнее (по схеме) положение источник сигналов подключается непосредственно ко входу магнитофона (через разъем $Ш_4$), а фронтальные каналы усилителя — к его линейному выходу (через разъем $Ш_3$). Это позволяет при переводе магнитофона с записи на воспроизведение без каких-либо дополнительных коммутаций усилителя воспроизводить только что записанную фонограмму, а также вести слуховой контроль в режиме записи. Индикатором режима записи служит лампа $Л_8$. Резисторы R_6, R_7 и конденсаторы C_6, C_7 образуют цепи коррекции, обеспечивающие завал частотной характеристики усилителя на частоте 9,5 кГц, на которой универсальный усилитель магнитофона при записи имеет соответствующий подъем.

Замкнутые контакты *2* и *3* обеих секций переключателя B_3 соответствуют режиму «Стерео» по фронту. В этом режиме сигналы правого и левого стереоканалов через секции *а* и *б* переключателя B_1 и секции *г* и *е* переключателя B_2, регулятор баланса по фронту, образованный резисторами R_8—R_{11}, и тонкокомпенсированный регулятор громкости по фронту поступают на входы (выводы *2*) предварительных усилителей *В* и *Д* правого и левого фронтальных каналов усилителя. Усиленный сигнал правого канала поступает на вход усиления мощности *Ж*, а сигнал левого канала — на вход усилителя мощности *К* левого фронтального канала. Тембр звука регулируют по высшим частотам переменными резисторами R_{18}, R_{20}, по низшим частотам — переменными резисторами R_{19}, R_{21}.

Одновременно с предварительных усилителей *В*, *Д* (выводы *12*) сигналы обоих каналов через нормально замкнутые контакты P_2^1 и P_2^2 электромагнитного реле P_2, тонкомпенсированный регулятор громкости по тылу (регулятор глубины псевдоквадраэффекта), образованный резисторами R_{22}—R_{27} и конденсаторами C_{12}—C_{17}, и предварительный усилитель тыловых сигналов *Г* подаются на обмотку *I* суммирующего трансформатора $Тр_1$. Разностные сигналы каналов (*А*—*В* и *В*—*А*) снимаются со вторичных обмоток *II* и *III* трансформатора и через регулятор баланса по тылу (резисторы R_{32}—R_{35}) подаются на усилители мощности правого *З* и левого *И* тыловых каналов. Тембр звука по тылу регулируют по высшим частотам переменными резисторами R_{28}, R_{30}, по низшим частотам — резисторами R_{29}, R_{31}.

В режиме «Псевдостерео» по фронту, когда замыкающие контакты секций *б* и *в* выключателя B_5 находятся в нижнем (по схеме) положении, сигнал левого фронтального канала перед тем, как попасть на вход усилителя мощности, проходит через блок *Е* формирования псевдостереофонического сигнала, в котором его фаза на частотах выше 7,5 кГц, поворачивается на 180°. Чтобы граничную частоту фазовращения уменьшить до 3,5 кГц, надо замкнуть контакты выключателя B_6. При этом зажжется индикаторная лампа $Л_{12}$ и повысится уровень низших частот по фронту, имитируя эффект сужения стереобазы.

В этом режиме выходы усилителей обоих каналов блока *Г* замкнутыми контактами секции *в* переключателя B_3 соединены с верхним (по схеме) выводом обмотки *I* суммирующего трансформатора $Тр_1$, а нижний вывод этой обмотки через контакты секции *г* того же переключателя соединен с общим («заземленным») проводом, благодаря чему на обмотках *II* и *III* создаются одинаковые по амплитуде противофазные сигналы. При этом регулятор баланса по фронту (резисторы R_8—R_{11}) не оказывает влияния на работу усилителей мощности тыловых каналов в режиме псевдоквадрафонии. Аналогично работает блок *Г* и в режиме «Моно» по фронту, но без блока *Е*.

Индикаторами режимов «Моно», «Псевдостерео» и «Стерео» по фронту служат соответственно лампы $Л_5$, $Л_6$ и $Л_7$.

Переключатели B_7 и B_8 служат для раздельного выключения усилителей мощности фронтального и тылового каналов, что необходимо для предварительной настройки системы квадрафонического звуковоспроизведения. Лампа $Л_{10}$ сигнализирует о включении фронтальных усилителей, а $Л_{11}$ — о включении усилителей мощности тыловых каналов.

Выделение стереофонического сигнала УКВ радиостанции (при подключенном тьюнере к разъему $Ш_1$) осуществляется стереодекодером *Б*, выходы которого (выводы *6* и *5*) через секции выключателя B_3 оказываются подключенными к усилителю. Роль индикатора настройки на станцию, ведущую стереофоническую передачу, выполняет лампа $Л_9$ в цепи электронного реле стереодекодера.

Рис. 3-10. Структурная схема четырехканального квадрафонического усилителя.

В квадрафонический режим работы усилитель переводится замыканием контактов выключателя $В_9$. При этом зажигается индикаторная лампа $Л_{13}$ и срабатывают электромагнитные реле $Р_1$, $Р_2$ и $Р_5$. Контакты $Р_1^1$, $Р_1^2$ и $Р_2^1$, $Р_2^2$ реле $Р_1$ и $Р_2$ подключают входы усилителей фронтальных и тыловых каналов к разъему $Ш_5$, а контакты $Р_3^1$, $Р_3^2$ и $Р_4^1$, $Р_4^2$ реле $Р_3$ и $Р_4$, находящиеся в блоке *Г*, отключают суммирующий трансформатор $Тр_1$ и тем самым превращают этот блок в двухканальный линейный усилитель. Контакты $Р_5^1$ и $Р_5^2$ реле $Р_5$ исключают блок *Е* из работы усилителя.

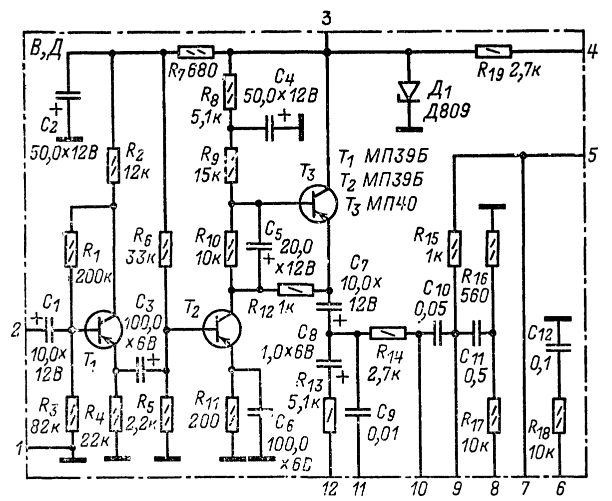


Рис. 3-11. Принципиальная схема блоков *В* и *Д* (в блоке *В* стабилитрона $Д_1$ и резистора R_{19} нет).

Принципиальные схемы усилительных блоков показаны на рис. 3-11, 3-12 и 3-13. Блоки *В*, *Д* (рис. 3-11) и *Ж*, *К* (рис. 3-12) фронтальных каналов усилителя построены по схеме, аналогичной схеме электроакустического агрегата «ВЭФ», а усилители мощности тыловых каналов (рис. 3-13) — по схеме, аналогичной схеме усилителя магнитофона «Вильма». Питание на блок *В* подается через стабилизатор напряжения $Д_1$ R_{19} блока *Д* (выводы *3*), поэтому в блоке *В* этих деталей нет.

Налаживание усилителей мощности сводится к установке в точках симметрии (точках соединения эмиттера и коллектора транзисторов двухтактного выходного каскада) напряжения, равного 10 В, т. е. половине напряжения, подаваемого на эти блоки от источника питания. В блоках *Ж* и *К* это делают подстроечным резистором R_{10}, в блоках *З* и *И* (рис. 3-13) — подстроечным резистором R_{12}. Идентичности АЧХ усилителей мощности добиваются: для фронтальных каналов —

подстроечным резистором R_7, для тыловых каналов — подстроечным резистором R_1.

Принципиальная схема блока *Г*, являющегося предварительным усилителем тыловых сигналов, приведена на рис. 3-14. Он состоит из двух идентичных двухкаскадных усилителей НЧ (транзисторы T_1, T_3 и T_2, T_4), нагруженных (через контакты электромагнитных реле P_3 и P_4) на трансформатор Tp_1. Через выводы

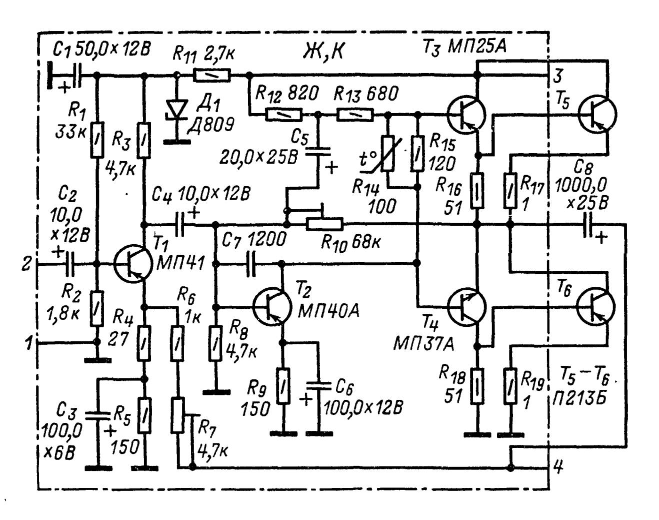


Рис. 3-12. Принципиальная схема блоков *Ж* и *К*.

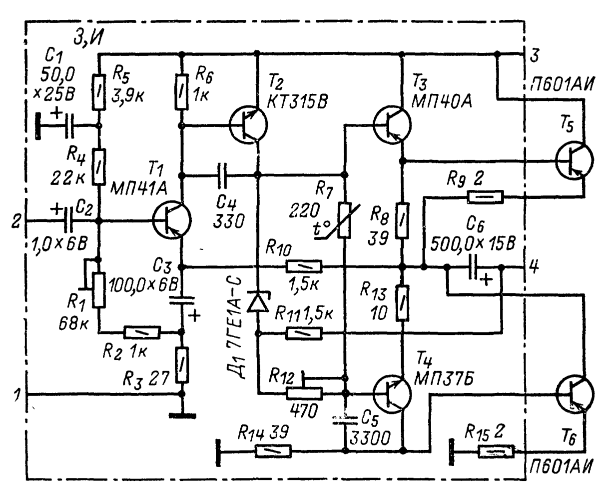


Рис. 3-13. Принципиальная схема блоков *З* и *И*.

12 и *13* разностные сигналы подаются на регулятор баланса по тылу (R_{32}—R_{35} на рис. 3-10), а от него — на усилители мощности правого и левого тыловых каналов.

Трансформатор $Тр_1$, использованный в этом блоке, переходный трансформатор от магнитофона «Комета-206» (магнитопровод Ш6×12, обмотка *I* содержит 2000 витков провода ПЭВ-1 0,09, обмотки *II* и *III* — по 480 витков провода ПЭВ-1 0,12). Электромагнитные реле $Р_3$ и $Р_4$ — РЭС-9 (паспорт РС4.514.200).

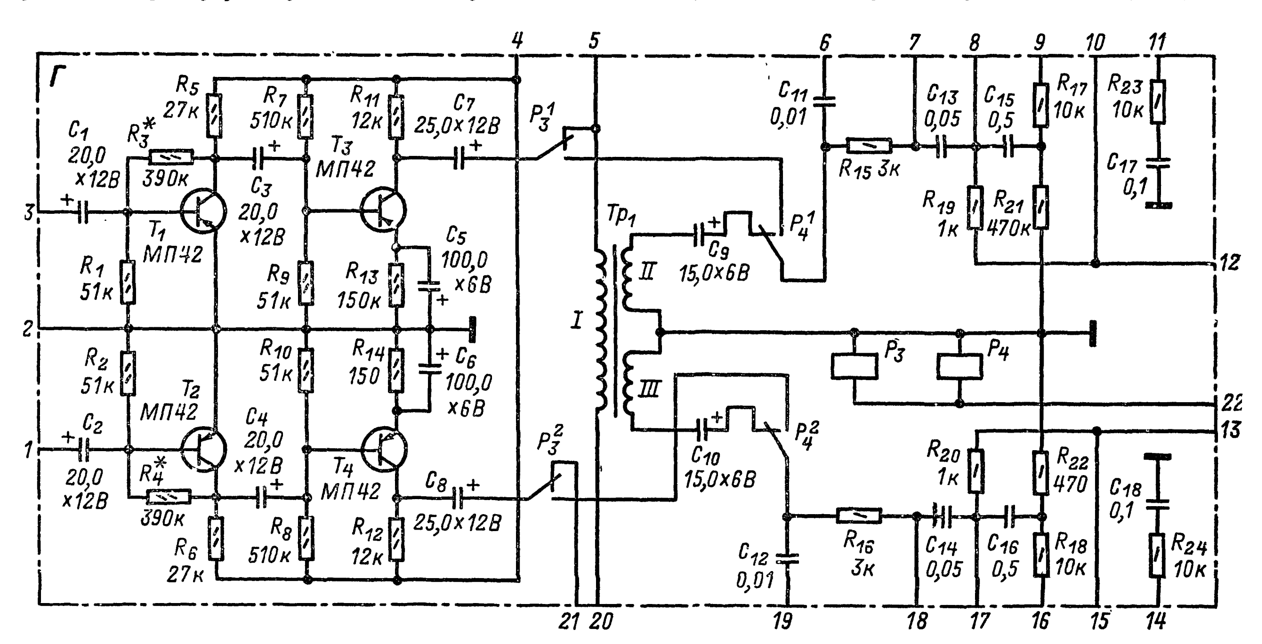


Рис. 3-14. Принципиальная схема блока *Г*.

Настройка блока сводится к подбору резисторов R_3 и R_4, при этом добиваются равенства усиления по обоим каналам. Блок можно считать налаженным, если при подаче сигналов звуковой частоты амплитудой 100 мВ одновременно на входы обоих усилителей (при этом замыкающие контакты секций переключателя $В_2$ должны быть в нижнем по схеме на рис. 3-10 положении), на обмотках *II* и *III* трансформатора будет сигнал напряжением не более 2—3 мА.

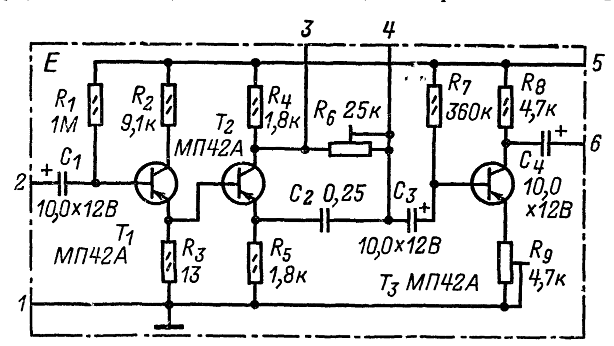


Рис. 3-15. Принципиальная схема блока *Е*.

Принципиальная схема блока *Е* приведена на рис. 3-15. Это частотный фазовращатель, аналогичный устройству для получения псевдостереоэффекта («Радио», 1975, № 2, с. 16). Необходимую глубину псевдоэффекта (граничную частоту фазовращения) устанавливают подстроечным резистором R_6, а равенство усиления обоих фронтальных каналов (в режиме «Псевдостерео» по фронту) — подстроечным резистором R_9.

Схема стереодекодера (блок *Б*) приведена на рис. 3-16[1]. Он состоит из двухкаскадного усилителя, в котором работают транзисторы T_1 и T_2, суммирующе-вычитающего устройства на диодах $Д_1$—$Д_4$ и электронного реле на транзисторах T_3—T_5. Контуры L_1C_3 и L_2C_6 в коллекторных цепях транзисторов усилителя настроены на поднесущую частоту стереосигнала 31,25 кГц. Резистор R_7 обеспечивает добротность контура L_1C_3, близкую к 100. За счет шунтирования контура L_2C_6 резистором R_{13} его добротность низкая (около 5). Диод $Д_6$ выполняет роль однополупериодного выпрямителя переменного напряжения 6,3 В, питающего транзисторы T_3—T_5 электронного реле. Когда УКВ

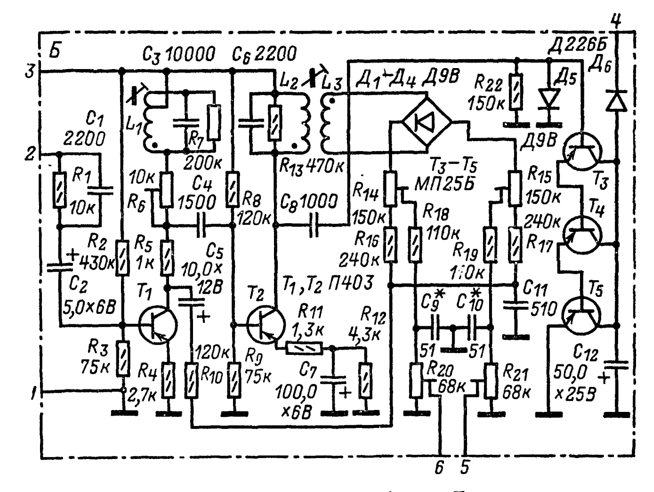


Рис. 3-16. Принципиальная схема блока *Б*.

[1] Аналогичный стереодекодер описан И. Козловым в его статье «Любительский радиокомплекс», опубликованной в «Радио», 1975, № 12, с. 32—34.

тьюнер, подключенный к стереодекодеру, точно настроен на радиостанцию, ведущую стереопередачу, транзисторы реле открываются и сигнальная лампа $Л_9$ (рис. 3-10) начинает светиться.

Катушки L_1—L_3 стереодекодера помещены в броневые сердечника ОБ-20. Катушка L_1 содержит 120 (80+ +40) витков провода ПЭВ-2 0,31, L_2 — 200, а L_3 — 400 витков провода ПЭВ-2 0,18.

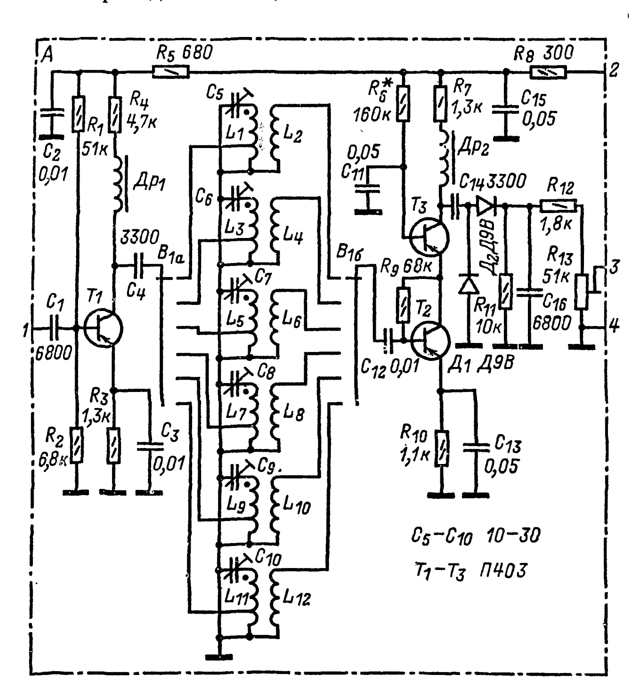


Рис. 3-17. Принципиальная схема блока *А*.

Настройку стереодекодера производят по стереосигналам УКВ радиостанции. Амплитудно-частотные характеристики стереодекодера и усилителя сопрягают подбором конденсаторов C_9, C_{10} и сопротивлений резисторов R_{20}, R_{21}.

Принципиальная схема приемника (блок *А*), являющегося тьюнером, встроенным в описываемый усилитель, показана на рис. 3-17. Это двухкаскадный усилитель ВЧ с детектором на выходе. Первый каскад на транзисторе T_1 апериодический. Транзисторы T_2 и T_3 второго каскада включены по каскодной схеме, диоды $Д_1$ и $Д_2$ детектора — по схеме умножения выходного напряжения звуковой частоты. Катушки L_1, L_3, L_5, L_7, L_9, L_{11} и подстроечные конденсаторы C_5—C_{10} образуют колебательные контуры, которые настраивают на частоты шести выбранных радиовещательных станций диапазонов СВ и ДВ. Подстроечным резистором R_{13}, являющимся нагрузкой детектора, устанавливают уровень сигнала НЧ, поступающего в усилительный тракт.

Контурные катушки и соответствующие им катушки связи L_2, L_4, L_6, L_8, L_{10} и L_{12} намотаны проводом ПЭЛШО 0,1 на полистироловых каркасах диаметром 8 и высотой 25 мм. Ориентировочные числа витков в них указаны в табл. 3-1.

Контурные катушки наматывают внавал, ширина намотки 5 мм. Катушки связи наматывают виток к витку на бумажных каркасах, которые при настройке можно перемещать на каркасах контурных катушек. Шестикнопочный переключатель катушек контуров и их катушек связи — от телевизора «Темп-6».

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$, содержащие по 180 витков провода ПЭЛШО 0,12, намотаны на цилиндрических сердечниках диаметром 3 и длиной 15 мм из феррита марки 600НН.

Таблица 3-1

Обозначение по схеме (рис. 3-17)	Число витков	Обозначение по схеме (рис. 3-17)	Число витков
L_1	295+15	L_7	195+10
L_2	25	L_8	15
L_3	260+15	L_9	180+10
L_4	25	L_{10}	10
L_5	240+15	L_{11}	135+10
L_6	20	L_{12}	8

Выбор радиостанций, на частоты которых приемник может быть настроен, зависит от местных условий. Максимального усиления сигнала вторым каскадом добиваются подбором резистора R_6.

Блок питания (блок *П*), схема которого приведена на рис. 3-18, состоит из трансформатора $Тр_1$ двухполупериодного выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$ с двумя стабилизаторами выпрямленного напряжения на транзисторах T_1—T_3 и T_4—T_6 и однополупериодного выпрямителя на диоде $Д_5$ (15 В). Напряжения —12 В и —20 В на выходе стабилизаторов устанавливают подстроечными резисторами R_4 и R_9.

Трансформатор $Тр_1$, использованный в блоке питания, от магнитофона «Яуза-6». Магнитопровод этого трансформатора Ш19×38, первичная обмотка содержит 1035+755 витков провода ПЭВ-1 0,41. Вторичные обмотки удалены, а вместо них намотаны новые: обмотка *4*—*5* — 49 витков провода ПЭВ-1 0,64, обмотка *6*—*7*—170 витков провода ПЭВ-1 0,47, обмотка *8*—*9*—130 витков провода ПЭВ-1 0,35.

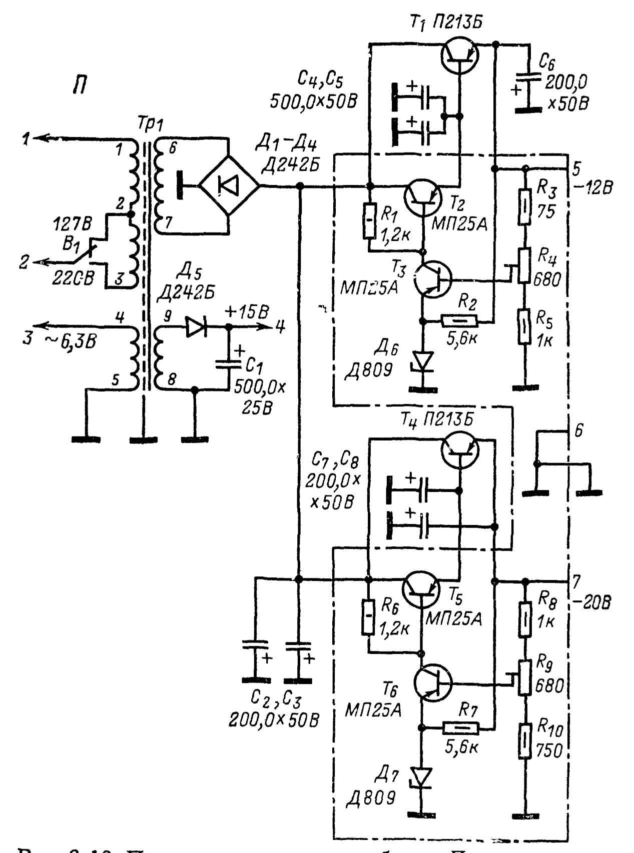


Рис. 3-18. Принципиальная схема блока *П*.

Каждый из громкоговорителей акустической системы (рис. 3-10, *Л*, *М*, *Н*, *О*) состоит из низкочастотной головки 4ГД-5 ($Гр_1$, $Гр_3$, $Гр_5$, $Гр_7$), высокочастотной 1ГД-3 ($Гр_2$, $Гр_4$, $Гр_6$, $Гр_8$), установленных в ящиках от электроакустических агрегатов «ВЭФ». Внутренний объем ящиков заполнен поролоном. Можно также использовать пары головок 4ГД-4 или 4ГД-1 и 3ГД-31. В этом случае последовательно со звуковой катушкой головки 3ГД-31 надо включить проволочный переменный резистор сопротивлением 10—15 Ом, которым выравнивают соотношение уровней сигналов низких и высоких частот. Хорошо работают и громкоговорители типа 10МАС-1.

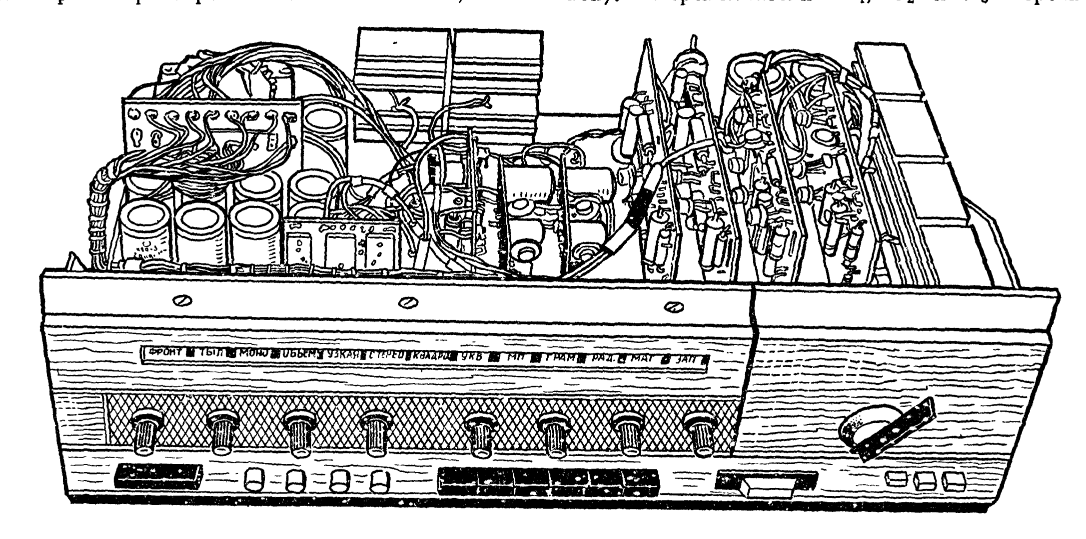


Рис. 3-19. Конструкция четырехканального усилителя.

После настройки отдельных блоков окончательная регулировка усилителя сводится к подбору резисторов R_9, R_{11}, R_{33} и R_{35} (рис. 3-10), которыми выравнивают усиление фронтальных и тыловых каналов. Производить ее целесообразнее в режиме «Квадра». При этом движки регуляторов баланса R_8, R_{10}, R_{32}, R_{34} должны находиться в среднем положении.

Конструкция усилителя (без защитного футляра) показана на рис. 3-19. Его шасси размерами 450×300 мм сделано из листового дюралюминия толщиной 2 мм. Выпрямительные диоды блока питания, стабилизаторы напряжения, смонтированные на одной общей плате, платы приемника, стереодекодера и формирователя псевдостереофонического сигнала размещены в подвале шасси. Платы остальных блоков усилителя и трансформатор питания расположены сверху горизонтальной панели шасси. Транзисторы T_1 и T_4 стабилизаторов напряжения и выходные транзисторы усилителей мощности фронтальных каналов установлены на ребристых теплоотводах. Роль теплоотвода выходных транзисторов усилителей мощности тыловых каналов выполняет панель шасси.

На передней панели шасси в верхнем ряду расположены (справа налево): общий регулятор громкости R_{16}, R_{17}, регуляторы баланса по фронту R_8, R_{10}, тембра ВЧ по фронту R_{18}, R_{20}, тембра НЧ по фронту R_{19}, R_{21}, глубины квадраэффекта R_{26}, R_{27}, баланса по тылу R_{32}, R_{34}, тембра ВЧ по тылу R_{28}, R_{30}, тембра НЧ по тылу R_{29}, R_{31} и переключатель рода работы B_1; в нижнем ряду: сетевой выключатель блока питания B_{10}, выключатели усилителей мощности фронтальных B_7 и тыловых B_8 каналов и их громкоговорителей, переключатель граничной частоты фазовращателя B_6, кнопка включения квадраэффекта B_9, кнопочный переключатель контуров встроенного приемника, переключатель «Запись-воспроизведение» B_2, трехкнопочный переключатель режимов «Моно» B_4, «Псевдостерео» B_5, «Стерео» B_3.

Регуляторы громкости и глубины квадраэффекта — сдвоенные переменные резисторы с одним отводом СП3-12д (В). Для регулирования баланса и тембра использованы переменные резисторы ТР283 (А) производства чехословацкой фирмы «Тесла» (можно любые сдвоенные переменные резисторы сопротивлением 25—35 кОм, например СП3-12д, с линейной характеристикой). Переключатели B_1, B_2 и B_3 — трехкнопочный переключатель любого типа, имеющий на каждую позицию по четыре группы контактов на переключение. Переключатель B_5—стандартный движкового типа (используют в транзисторных приемниках), B_4 — от приемника «Сокол-4». Сигнальные лампы, освещающие соответствующие им надписи на табло в верхней части передней панели: $Л_9$ — МН2,5-0,068, остальные — МН6,3-0,22.

Входные и выходные разъемы СГ5 находятся на задней стенке шасси.

Коротко о работе с усилителем. Предварительную его настройку производят в режиме «Моно». Сначала выключателем B_7 включают только фронтальные усилители, резисторами R_8R_{10} устанавливают баланс по фронту, а резисторами $R_{16}R_{17}$, $R_{18}R_{20}$ и $R_{19}R_{21}$ — желательную громкость и тембр звучания фронтальных громкоговорителей. Затем отключают фронтальные и включают только тыловые усилители (выключателем B_8). В среднем положении движков регулятора громкости $R_{26}R_{27}$ по тылу резисторами $R_{32}R_{34}$ устанавливают баланс, а резисторами $R_{28}R_{30}$ и $R_{29}R_{31}$ — желаемый тембр звучания тыловых громкоговорителей. После этого включают фронтальные усилители и регулятором громкости по тылу добиваются эффекта нахождения источника звука в середине квадрата, образуемого громкоговорителем. В дальнейшем общую регулировку громкости производят только регулятором громкости по фронту ($R_{16}R_{17}$), который пропорционально изменяет и громкость по тылу, сохраняя тем самым ранее установленный звуковой эффект.

В режиме «Псевдостерео» нажатием кнопки переключателя B_5 включают блок *Е* фазовращения по фронту и переключателем B_6 ступенчато изменяют глубину псевдостереоэффекта. В зависимости от характера воспроизводимого музыкального произведения регулируют спектр высоких частот по фронту, добиваясь эффекта наилучшей объемности и естественности звуковоспроизведения. Затем включают тыловые усилители и регу-

ляторами тембра добиваются пространственного разделения звучания оркестровых инструментов по всей площади квадрата. Иногда при переходе на узкую полосу по фронту приходится дополнительно подстраивать баланс.

В режиме «Стерео» (включают нажатием кнопки переключателя B_3) регулировкой громкости по тылу устанавливают такую минимальную глубину псевдоквадраэффекта, при которой достаточно четко ощущается стереоэффект по фронту при эффекте глубинного перемещения звука в сторону тыловых громкоговорителей.

В режиме «Квадра» (включают переключателем B_9) желаемые громкость и тембр звучания громкоговорителей устанавливают раздельно по фронту и тылу соответствующими регуляторами.

ПСЕВДОСТЕРЕОФОНИЯ С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ

При звуковоспроизведении монофонических программ стереофонической аппаратурой, входы каналов которой соединяют обычно параллельно, никакого пространственного восприятия звука, свойственного стереофоническому звучанию, конечно, не получается. Но если фазу сигнала в одном из громкоговорителей стереоаппаратуры сдвинуть на 90° относительно фазы сигнала в другом громкоговорителе, то произойдет разительная перемена: звук станет «объемным».

Сделать это можно с помощью фазовращающей приставки к стереофоническому усилителю НЧ, которую предложил читателям журнала «Радио» горьковчанин А. Воробьев-Обухов. Такая приставка обогатит звуковоспроизведение современных монофонических записей, поможет приблизить к естественному звучанию воспроизведение многих монофонических записей с уникальными исполнениями музыкальных произведений тех времен, когда люди еще не имели представления о стереофонии.

Принципиальная схема фазовращающей приставки показана на рис. 3-20. Она представляет собой трехкаскадный широкополосный усилитель НЧ с RC-цепями в выходном каскаде, разделяющими входной сигнал на две составляющие, фазы которых во всем диапазоне звуковых частот сдвинуты относительно друг друга на 90°.

Полоса рабочих частот приставки 40—16 000 Гц.

В первом каскаде усилителя работает транзистор T_1, включенный по схеме эмиттерного повторителя, что обеспечивает усилителю высокое входное сопротивление. Напряжение питания транзистора этого каскада стабилизировано стабилитроном $Д_1$. Каскад на транзисторе T_2, связанный с транзистором T_1 непосредственно, имеет коэффициент усиления, близкий к 1. С его нагрузочного резистора R_4 усиливаемый сигнал через конденсатор C_2 поступает на базу транзистора T_3 фазоинвертирующего каскада. Благодаря раздельным нагрузкам в коллекторной и эмиттерной цепях (резисторы R_7 и R_8) на выходе каскада получаются два противоположных по фазе и равных по амплитуде низкочастотных сигнала, которые через RC-цепочки и разъем $Ш_2$ подаются на вход стереофонического усилителя НЧ.

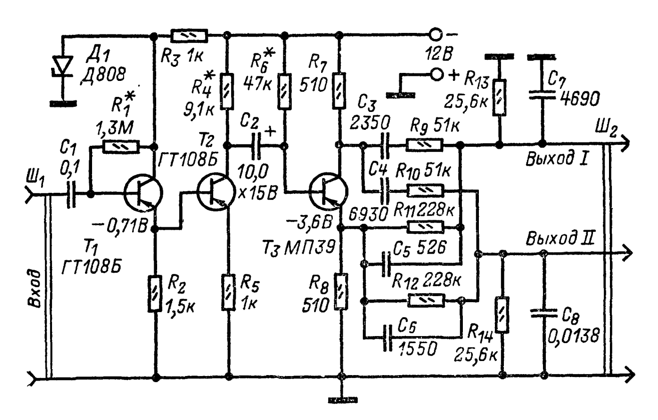


Рис. 3-20. Принципиальная схема фазовращающей приставки.

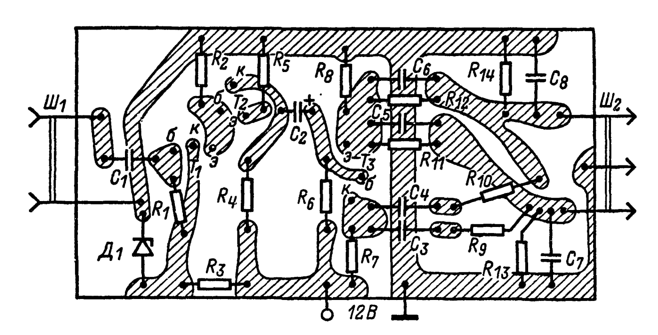


Рис. 3-21. Печатная плата и схема соединения деталей.

Для нормальной работы приставки на ее вход должен подаваться сигнал напряжением 100—200 мВ. Выходы *I* и *II* приставки подключают ко входам левого и правого каналов стереофонического усилителя, работающего в режиме «Стерео». Входное сопротивление стереоусилителя должно быть не менее 30 кОм, иначе он, шунтируя выход фазовращающей приставки, будет вносить искажения в ее работу.

При тщательном подборе номиналов деталей RC-цепей на выходе приставки создаются сигналы со сдвигом фаз 90±5° в диапазоне частот 50—5000 Гц. Дальнейшее расширение диапазона связано с усложнением приставки и неоправдано, поскольку человеческое ухо способно определить направление звука по разности фаз в основном только в этом диапазоне звуковых частот.

Детали приставки можно смонтировать на печатной плате размерами примерно 35×75 мм (рис. 3-21), выполненной из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. Резисторы, используемые в приставке, МЛТ-0,25, МЛТ-0,125 или УЛМ. Электролитический конденсатор C_2 — К50-6, остальные конденсаторы керамические КМ. Источником питания приставки может быть батарея, составленная из восьми гальванических элементов (332, 343), или выпрямитель с выходным напряжением 12 В.

При монтаже и налаживании приставки особое внимание необходимо уделить подбору резисторов R_7—R_{14} и конденсаторов C_3—C_8. Их номиналы не должны отличаться от указанных на схеме более чем на ±1%. Составить необходимые сопротивления резисторов R_9—R_{14} и емкости конденсаторов C_3—C_8 можно последовательным и параллельным соединением деталей.

Приставка рассчитана на совместную работу с высококачественной стереофонической аппаратурой. Поэтому она не должна вносить сколь-либо значительных нелинейных искажений. Достигается это тщательной установкой режимов работы транзисторов — с точностью не хуже ±10% указанных на принципиальной схеме приставки. Рекомендуемый режим транзистора T_3 устанавливают подбором резистора R_6, транзисторов T_1 и T_2 — подбором резисторов R_1 и R_4.

Частотная характеристика описанной фазовращательной приставки имеет подъем в области высших частот звукового диапазона, который компенсируют регуляторами тембра стереоусилителя.

БЛОК РЕГУЛИРОВКИ ТЕМБРА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО УСИЛИТЕЛЯ НЧ

Раздельная регулировка тембра по высшим и низшим частотам позволяет регулировать усиление на этих участках частот звукового диапазона, оставляя неизменным усиление на средних частотах. Такая коррекция тембра оказывается практически достаточной при работе

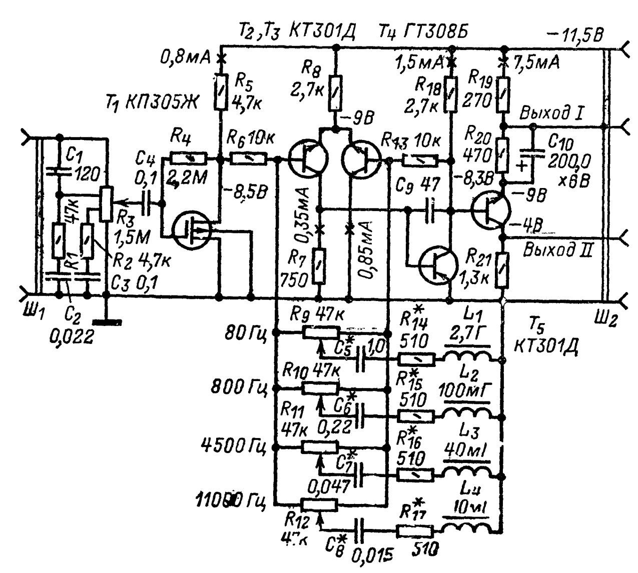


Рис. 3-22. Схема блока регулировки тембра.

усилителя НЧ от источника сигнала с частотной характеристикой, близкой к линейной. Большинство же реальных источников низкочастотного сигнала, таких, например, как звукосниматель электропроигрывающего устройства, магнитофоны и др., имеют нелинейную частотную характеристику и подобная регулировка тембра для них недостаточна. Кроме того, очень часто возникает необходимость в подавлении шумов грампластинок и магнитных лент, имеющих очень узкий частотный диапазон (5—8 кГц) и не устранимых при обычных способах регулировки. Эти обстоятельства привели к тому, что в высококачественных усилительных устройствах все чаще стали использовать многоканальные регуляторы тембра.

Киевский радиолюбитель Д. Стародуб предложил четырехканальный регулятор тембра, позволяющий регулировать частотную характеристику усилителя на частотах 80, 800, 4500 и 11 000 Гц в пределах ±22 дБ.

Принципиальная схема предварительного усилителя НЧ с таким регулятором тембра показана на рис. 3-22. В средних положениях движков переменных резисторов R_9—R_{12} усилитель воспроизводит диапазон частот от 15 до 30 000 Гц при неравномерности частотной характеристики 1,5 дБ и коэффициенте гармоник 0,05%.

Через штепсельный разъем $Ш_1$ входной сигнал поступает на тонкомпенсированный регулятор громкости R_3 и далее через конденсатор C_4 на вход первого каскада усилителя, выполненного по схеме истокового повторителя на полевом транзисторе T_1 с изолированным затвором и каналом n-типа. С резистора R_5, являющегося нагрузкой этого каскада, усиленный сигнал поступает в дифференциальный усилитель на транзисторах T_2 и T_3. Через резистор R_{13} база транзистора T_3 соединена с коллекторной цепью транзистора T_4, включенного по схеме с общим эмиттером и нагрузочным резистором R_{18} в цепи коллектора. Сигнал на базу транзистора T_4 поступает непосредственно с коллектора транзистора T_2. В результате дифференциальный усилитель оказывается охваченным глубокой отрицательной обратной связью как по переменному, так и по постоянному току. Возрастание коллекторного тока транзистора T_3 увеличивает падение напряжения на резисторе R_8, что в свою очередь уменьшает коллекторный ток транзистора T_2. При этом уменьшаются ток базы транзистора T_4, падение напряжения на резисторе R_{18}, а следовательно, и ток базы транзистора T_3. Благодаря этому коллекторный ток транзистора T_3 не изменяется.

Аналогичные процессы будут происходить и при нарушении режимов работы транзисторов T_2 и T_4. В результате термостабильность усилителя оказывается настолько высокой, что колебания температуры окружающей среды от 5 до 75° С не оказывают сколь-либо заметного влияния на его параметры.

В базовые цепи транзисторов T_2 и T_3 дифференциального усилителя включены резисторы R_6 и R_{13}, образующие вместе с контурами L_1C_5—L_4C_8 частотно-избирательные делители напряжения. Контур L_1C_5 настроен на частоту 80 Гц, L_2C_6 — на 800 Гц, L_3C_7 — на 4500 Гц и L_4C_8 — на частоту 11 000 Гц. В зависимости от положения движков переменных резисторов R_9—R_{12} колебательные контуры могут быть подключены либо к базе транзистора T_2, либо к базе транзистора T_3.

Каскад на транзисторе T_5 необходим при низком входном сопротивлении оконечного усилителя или при выполнении предварительного усилителя в виде самостоятельного блока, соединяемого с оконечным усилителем кабелем. Выходной сигнал можно снимать как с резистора R_{21} («Выход II»), включенного в коллекторную цепь транзистора T_5, так и с резистора R_{19} («Выход I»), включенного в цепь эмиттера. В первом случае максимальное выходное напряжение составляет 1 В при выходном сопротивлении 1,5 кОм, во втором — 0,15 В при выходном сопротивлении 200 Ом.

Усилитель можно питать от стабилизированного источника питания с выходным напряжением 10—14 В и амплитудой пульсации не более 50 мкВ.

Амплитудно-частотные характеристики усилителя при крайних положениях движков регуляторов тембра приведены на рис. 3-23. Они говорят о том, что такой темброблок позволяет регулировать частотную характеристику усилителя НЧ в очень широких пределах и, таким образом, корректировать частотные характеристики самых различных источников низкочастотного сигнала.

Благодаря глубоким обратным связям усилитель не требует никакой регулировки. Надо лишь подобрать емкости конденсаторов C_5—C_8, сопротивления резисторов R_{14}—R_{17} и добротности катушек L_1—L_4, определяющих крутизну скатов резонансных кривых. Чем выше добротность катушек, тем уже участки частот, регулируемых соответствующими им переменными резисторами. Изменить добротность катушки можно, подключив параллельно ей резистор сопротивлением 5—100 кОм. Необходимое сопротивление резистора контура определяют экспериментально, снимая АЧХ усилителя при крайних положениях движка регулятора тембра. При этом

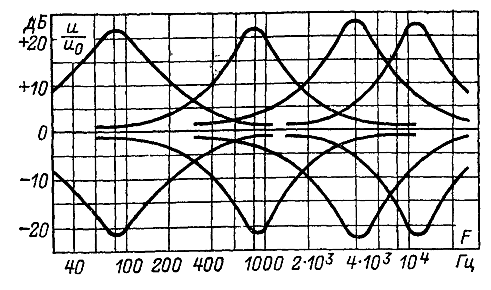


Рис. 3-23. Амплитудно-частотные характеристики усилителя.

цепи остальных контуров должны быть разорваны. Аналогичным образом подбирают резисторы R_{14}—R_{17}. С увеличением их сопротивления крутизна скатов резонансных кривых уменьшается, однако одновременно снижаются пределы подъема и завала частотной характеристики. Оптимальные сопротивления этих резисторов могут составлять от 240 до 820 Ом.

На соответствующие частоты колебательные контуры настраивают подбором конденсаторов C_5—C_8.

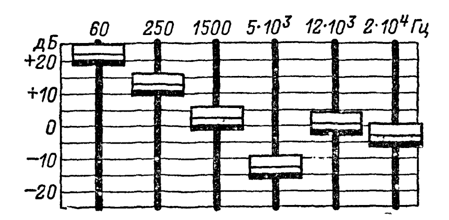


Рис. 3-24. Панель переменных резисторов регулировки тембра.

Уровни подъема и завала соответствующих участков частотных характеристик зависят также и от сопротивлений резисторов R_6 и R_{13}, так как они вместе с резонансными сопротивлениями контуров образуют делители напряжения. С увеличением сопротивлений происходит более глубокая регулировка тембра и расширяются полосы регулируемых частот звукового диапазона.

В первом каскаде усилителя T_1 могут работать полевые транзисторы КП102—КП103, КП301, а также биполярные транзисторы П416Б, ГТ308—ГТ310, включенные по схеме эмиттерного повторителя. При использовании полевых транзисторов КП102—КП103 или КП301 на их затворы необходимо подавать положительное смещение. Для этого правый (по схеме) вывод резистора R_4 следует отключить от стока и соединить с общим «заземленным» проводом, а в цепь истока включить параллельно соединенные резистор сопротивлением 1 кОм и электролитический конденсатор емкостью 10 мкФ.

В остальных каскадах усилителя можно использовать любые кремниевые и германиевые маломощные транзисторы соответствующей структуры. Номиналы резисторов остаются прежними, так как благодаря глубокой отрицательной обратной связи по постоянному току в усилителе без каких-либо изменений могут работать любые транзисторы с коэффициентом $h_{21Э} \approx 30$.

Катушки L_1—L_4 намотаны на кольцевых сердечниках из феррита марки 2000НН, типоразмер К20×12×5. Катушка L_1 содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,08, L_2—350, L_3—200 и L_4—95 витков провода ПЭВ-2 0,27.

Темброблок следует поместить в металлический экран, защищающий его цепи от влияния внешних электрических и магнитных полей.

Число регуляторов тембра можно увеличить, например, до шести, настроив контуры на частоты 60, 250, 1500, 5000, 12 000 и 20 000 Гц. Однако управлять таким усилителем при отсутствии индикации положения движка каждого переменного резистора затруднительно. Поэтому для использования в подобной конструкции более всего подходят переменные резисторы с линейной зависимостью сопротивления. Градуировку переменных резисторов производят непосредственно в децибелах.

Ручки переменных резисторов движкового типа удобно вывести на панель, выполненную в виде стандартного поля для частотных характеристик (рис. 3-24). В этом случае положения ручек переменных резисторов будут характеризовать частотные свойства усилителя.

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СТЕРЕОТЕЛЕФОНЫ

Стереофонические головные телефоны позволяют наиболее полно воспринимать стереозвук. Промышленность выпускает подобные телефоны, но радиолюбители создают и свои собственные весьма интересные и доступные для повторения конструкции. Самодельные стереофонические телефоны чаще всего разрабатываются на базе малогабаритных динамических головок прямого излучения, реже — на базе капсюлей динамических микрофонов. Но такие стереотелефоны обычно имеют сравнительно узкую полосу воспроизводимых частот, в то время как для высококачественного звуковоспроизведения она должна быть примерно от 20 до 20 000 Гц. Чтобы обеспечить хорошую работу стереотелефонов в таком широком диапазоне частот, необходимо компенсировать ослабление восприятия человеком колебаний низших и высших звуковых частот.

Известно, что частотная характеристика слуховых органов очень неравномерна. Так, на частоте 20 Гц чувствительность уха на 45 дБ, а на частоте 20 кГц — на 10 дБ хуже, чем на частоте 1 кГц. Если же еще учесть, что колебания частотой 20—30 Гц вообще плохо воспроизводятся малогабаритными излучателями динамического типа, то станет ясно, что сконструировать высококачественные телефоны на базе стандартных головок без каких-либо дополнительных технических решений нельзя.

Радиолюбителю-конструктору В. Шатуху удалось найти вариант технического решения задачи. Он, как и многие другие радиолюбители, использовал для стереофонических телефонов малогабаритные головки 0,2ГД-1. Номинальный диапазон частот головок этого типа 300—10 000 Гц. Однако разработанные им стереотелефоны вполне удовлетворительно воспроизводят звуковые колебания в диапазоне частот 20—18 000 Гц. Достичь этого удалось специальной конструцией телефонов, а также включением в цепь каждого из них RC-фильтров, частотные характеристики которых имеют форму, обратную кривой чувствительности уха. С помощью этих фильтров осуществляется коррекция частотной характеристики телефонов в основном на высших частотах, хотя их действие сказывается и на низкочастотном краю диапазона. Для улучшения восприятия ухом звуковых колебаний этих частот перед головками установлены специальные диафрагмы с отверстиями, диаметр которых намного меньше диаметра диффузоров головок. Благодаря этому головки становятся как бы компрессионными и на барабанную перепонку уха воздействует не фронт звуковой волны, а уплотненный воздушный поток, что и способствует улучшению восприятия колебаний низших частот звукового диапазона.

Конструкция описываемых стереофонических широкополосных телефонов показана на рис. 3-25. Динамическая головка 6 закреплена клеем на диафрагме 9 из листового гетинакса, которая в свою очередь при-

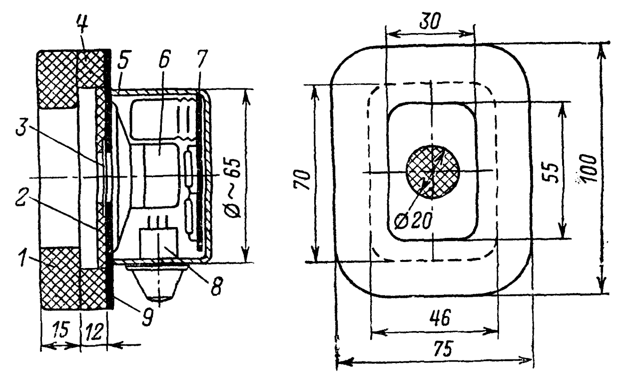


Рис. 3-25. Конструкция стереофонического телефона.

клеена к деке 4, вырезанной из пенопласта. Точно по оси головки в диафрагме вырезано отверстие диаметром 20 мм, которое закрыто мелкой металлической сеткой 3. Такое же отверстие сделано и в поролоновой прокладке 2, приклеенной к диафрагме со стороны, противоположной головке. Амбушюр 1 изготовлен, как и прокладка 2, из поролона и обшит кожей. Размеры пластмассового колпака 5, закрывающего головку с наружной стороны, некритичны. Важно лишь, чтобы его высота была достаточной для размещения платы 7 с деталями RC-фильтра.

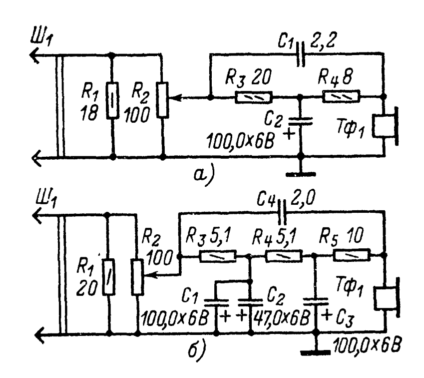


Рис. 3-26. Схемы RC-фильтров стереофонических телефонов.

Свободное пространство внутри защитного колпака заполняют ватой, поролоном или другим звукопоглощающим материалом, после чего колпак приклеивают к диафрагме.

Схема корректирующего RC-фильтра показана на рис. 3-26. Его детали, кроме переменного резистора R_1, который крепят непосредственно на защитном колпаке телефона (на рис. 3-25 поз. 8), монтируют на плате из листового гетинакса толщиной 1—1,5 мм.

Электрические данные деталей фильтра, указанные на рис. 3-26, *а*, обеспечивают необходимые частотные характеристики стереотелефонов с головками 0,2ГД-1. Если в качестве излучателей используются капсюли микрофонов МД-47, сопротивления резисторов R_3 и R_4 должны составлять 62 и 30 Ом соответственно, а емкости конденсаторов C_1 и C_2 — 0,047 и 50 мкФ. Диапазон рабочих частот таких стереотелефонов будет составлять примерно от 40 до 16 000 Гц.

Для расширения полосы воспроизводимых частот при использовании динамических головок с меньшим рабочим диапазоном, например головок 0,25ГД-2 (номинальный диапазон частот 315 — 7000 Гц), автор рекомендует двухзвенный фильтр, схема которого показана на рис. 3-26, *б*. Такой фильтр обеспечивает подъем частотной характеристики стереотелефонов на частотах 20 Гц и 20 кГц на 24 и 34 дБ соответственно. Но телефоны с такими фильтрами требуют сигнала несколько большего напряжения, чем телефоны с фильтрами по схеме на рис. 3-26, *а*.

КАССЕТНЫЙ СТЕРЕОМАГНИТОФОН

Описываемый магнитофон выполнен москвичом А. Мосиным. Радиолюбитель разработал электрическую часть магнитофона, механическая же часть (лентопротяжный механизм) использована им от магнитофона «Весна-306». Известно, что эта модель выгодно отличается от других кассетных магнитофонов аналогичного класса стабильностью скорости протяжки ленты, что достигнуто применением двух вращающихся в противоположные стороны маховиков и электронной системы стабилизации частоты вращения электродвигателя.

Использование лентопротяжного механизма достаточно высокого качества позволило создать любительский магнитофон, обладающий высокими качественными показателями. Рабочий диапазон частот сквозного канала составляет 40 Гц — 14 кГц при неравномерности частотных характеристик ±3 дБ; коэффициент гармоник в канале записи — воспроизведения на частоте 400 Гц не превышает 3%; относительный уровень помех в канале воспроизведения менее —50 дБ, в канале записи — воспроизведения менее —47 дБ, причем применением шумоподавителя можно понизить этот уровень до —57 дБ; коэффициент детонации ±0,3%. Эти параметры достигаются при скорости движения ленты 4,76 см/с, запись и воспроизведение — на четырех дорожках, программы — стереофонические. Одна стандартная кассета МК-60 обеспечивает при этом время непрерывной записи (воспроизведения) 2×30 мин. Частота генератора тока подмагничивания и стирания выбрана равной 75 кГц, относительный уровень стирания на частоте 1 кГц не превышает 60 дБ.

Электрическая часть магнитофона обеспечивает номинальную выходную мощность 2×4 Вт и максимальную 2×6 Вт; потребляемая от сети мощность не превышает 30 Вт.

Принципиальная схема одного из двух идентичных усилительных трактов магнитофона приведена на рис. 3-27. На этом же рисунке показаны схемы генератора тока подмагничивания и стирания, а также блока питания, общие для обоих каналов.

Каждый усилительный канал состоит из универсального усилителя, используемого как в режиме записи, так и в режиме воспроизведения, оконечного усилителя воспроизведения, шумоподавителя и индикатора уровня записи.

Универсальный усилитель — четырехкаскадный, он выполнен на транзисторах T_1—T_4. Первый каскад собран по схеме с общим эмиттером на малошумящем транзисторе КТ203Б. К его базе секцией $B_{1а}$ переключателя режимов «Воспроизведение» — «Запись» подключается блок универсальных головок $ГУ_1$ или источник сигнала (микрофон, звукосниматель и т. п.). Для улучшения частотной характеристики в каскад введена обратная связь по переменному току: в цепь эмиттера транзистора T_1 включен резистор R_8, не зашунтированный конденсатором.

Два следующих каскада усилителя собраны на транзисторах T_2 и T_3 по схеме с общим эмиттером и непосредственной связью. Четвертый каскад — эмиттерный повторитель на транзисторе T_4. С его нагрузки — резистора R_{28} снимается усиленный сигнал.

В универсальном усилителе предусмотрена частотная коррекция. Она достигается применением частотнозависимой отрицательной обратной связи. Ее напряжение подается с выхода усилителя на эмиттер транзистора T_2: в режиме записи — через цепь $C_{11}R_{24}C_8R_{23}R_{19}$, в режиме воспроизведения — через цепь $C_{10}R_{21}C_7R_{22}R_{17}$. Кроме того, для подъема частотной характеристики на высших частотах (в обоих режимах) в эмиттерную цепь транзистора T_2 включен последовательный колебательный контур $L_1C_5R_{11}$.

В режиме записи сигнал с выхода универсального усилителя через цепь $C_{12}R_{30}R_{29}C_{14}$ и параллельный колебательный контур L_2C_{13}, настроенный на частоту генератора тока подмагничивания и стирания, подается на головку $ГУ_1$. Для регулировки уровня записи служит резистор R_3. Этот уровень контролируется индикатором, который состоит из усилителя на транзисторе T_{17}, выпрямителя с удвоением напряжения на диодах $Д_{11}$, $Д_{12}$ и стрелочного измерительного прибора $ИП_1$.

Генератор тока подмагничивания и стирания выполнен по двухтактной схеме на транзисторах T_{12}, T_{13} и трансформаторе $Тр_2$. Стирающая головка $ГС_1$ включена между коллекторами транзисторов. Подмагничивающий ток снимается с выходной обмотки трансформатора и

через цепи $C_{15}R_{31}$ и $C^{*}_{15}R'_{31}$ поступает в универсальную головку $ГУ_1$.

В режиме воспроизведения (этому режиму соответствует положение переключателей на принципиальной схеме) сигнал с выхода универсального усилителя через конденсатор C_{12} и резисторы R_{35}, R_{36} (последний служит регулятором громкости) подается на вход оконечного усилителя. В этом усилителе, схема которого не имеет особенностей, применены транзисторы T_5—T_{11}. Между первым и вторым каскадами включены резисторы R_{44} и R_{45}, являющиеся раздельными регуляторами тембра по высшим и низшим частотам. Нагрузкой оконечного усилителя служат динамические головки прямого излучения 6ГД-6 и 3ГД-31.

Шумоподавитель собран на транзисторах T_{14}—T_{16} и диодах $Д_5$—$Д_{10}$. Первый каскад (T_{14}) — усилитель, собранный по схеме с общим эмиттером и непосредственной связью со следующим каскадом, второй (T_{15}) — эмиттерный повторитель, третий (T_{16}) вместе с резисторами R_{76},R_{78}, R_{79} — управляемый делитель напряжения. К нему подключены диоды $Д_7$—$Д_{10}$ и конденсатор C_{40}, шунтирующий вход оконечного усилителя. Для стабилизации режимов работы транзисторов применена отрицательная обратная связь по току (напряжение смещения на базу транзистора T_{14} подается с делителя напряжения $R_{70}R_{73}$, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_{15}).

В отсутствие сигнала или при сигнале, амплитуда которого не превышает порога срабатывания шумоподавителя (порог регулируется резистором R_{69}), напряжение на выходе выпрямителя на диодах $Д_5$, $Д_6$ также отсутствует. Транзистор T_{16} практически закрыт (в его базовой цепи течет малый ток, определяемый лишь высоким сопротивлением резистора R_{75}), и сопротивление участка коллектор — эмиттер велико. Сопротивления резисторов R_{76}—R_{79} подобраны так, что при этом диоды $Д_7$—$Д_{10}$ открыты, конденсатор C_{40} шунтирует вход оконечного усилителя. Поэтому все средние и высокие частоты звукового спектра (в том числе шумы магнитной ленты и собственные шумы усилителя) будут ослаблены на 10—15 дБ.

Сигнал, превышающий пороговый уровень, выпрямляется диодами $Д_5$, $Д_6$ и открывает транзистор T_{16}. Сопротивление его участка коллектор—эмиттер понизится, и диоды $Д_7$—$Д_{10}$ закроются. Поэтому конденсатор C_{40} не будет шунтировать вход оконечного усилителя и ослаблять сигналы верхних и средних частот спектра.

Блок питания магнитофона собран на трансформаторе $Тр_1$ и диодах $Д_{14}$—$Д_{17}$, в стабилизаторе напряжения использованы транзистор T_{18} и стабилитрон $Д_{13}$.

Электрическая часть магнитофона смонтирована на пяти печатных платах из фольгированного стеклотекстолита. На первой плате (рис. 3-28) собраны оба универсальных усилителя и генератор тока подмагничивания и стирания, на второй (рис. 3-29, *а*) и третьей

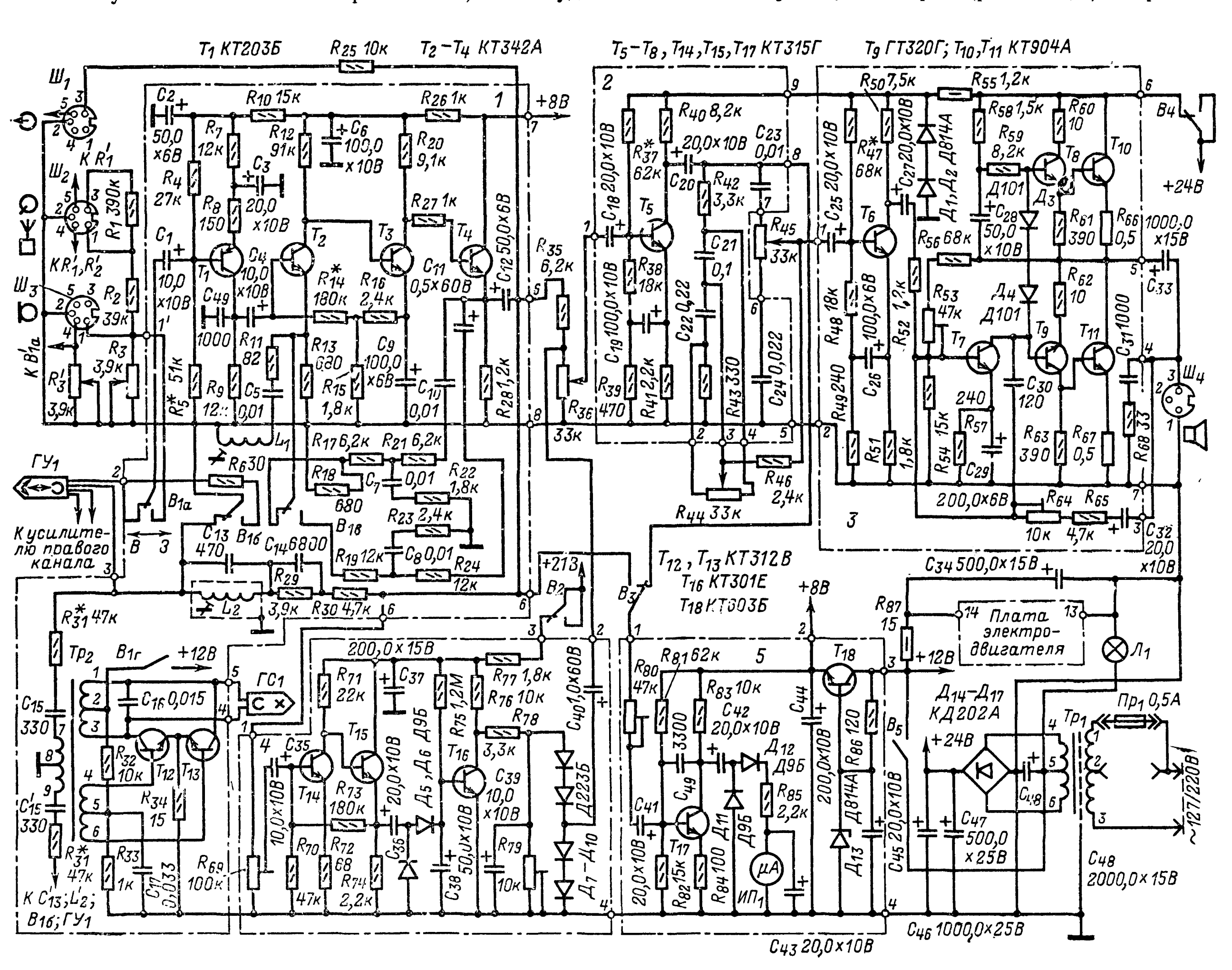


Рис. 3-27. Принципиальная схема магнитофона.

(рис. 3-29, *б*) — оконечные усилители, на четвертой (рис. 3-30) — шумоподавители, на пятой (рис. 3-31) — индикаторы уровня и стабилизатор напряжения питания.

Транзисторы оконечных усилителей T_{10}, T_{11} и T'_{10}, T'_{11} размещены на игольчатом теплоотводящем радиаторе, который объединен в единый блок со второй и третьей печатными платами. Размеры радиатора те же, что и третьей платы, они соединены друг с другом винтами М3×10 через стойки высотой 4 мм. Вторая плата прикреплена к радиатору металлическим кронштейном, на котором размещены разъемы $Ш_4$ и $Ш'_4$ (к ним подключаются динамические головки громкоговорителей). Транзисторы установлены на радиаторе без прокладок (их выводы изолированы от корпуса), что улучшает теплоотвод. Электролитические конденсаторы C_{33} и C'_{33} закреплены на второй плате по обе ее стороны.

Блок питания выполнен методом навесного монтажа на отдельной плате из изоляционного материала.

Чтобы разместить детали новой электрической части, корпус магнитофона «Весна-306» придется немного переделать. Отсек питания удаляют, а закрывающую его крышку приклеивают дихлорэтаном к стенке. На месте окна прежнего индикатора уровня прорезают два более широких отверстия под стрелочные индикаторы типа М476. Лампу подсвета шкал новых индикаторов ($Л_1$) устанавливают между их корпусами на крышке магнитофона. Переключатель B_3 устанавливают вместо прежнего переключателя скорости ленты, B_2 и B_4 — на передней стенке магнитофона, регуляторы громкости (R_{36}, R'_{36}) и тембра (R_{44}, R'_{44} и R_{45}, R'_{45}) — на верхней стенке (под ручкой), регуляторы уровня записи (R_3 и R'_3) — на месте прежних регуляторов громкости и тембра.

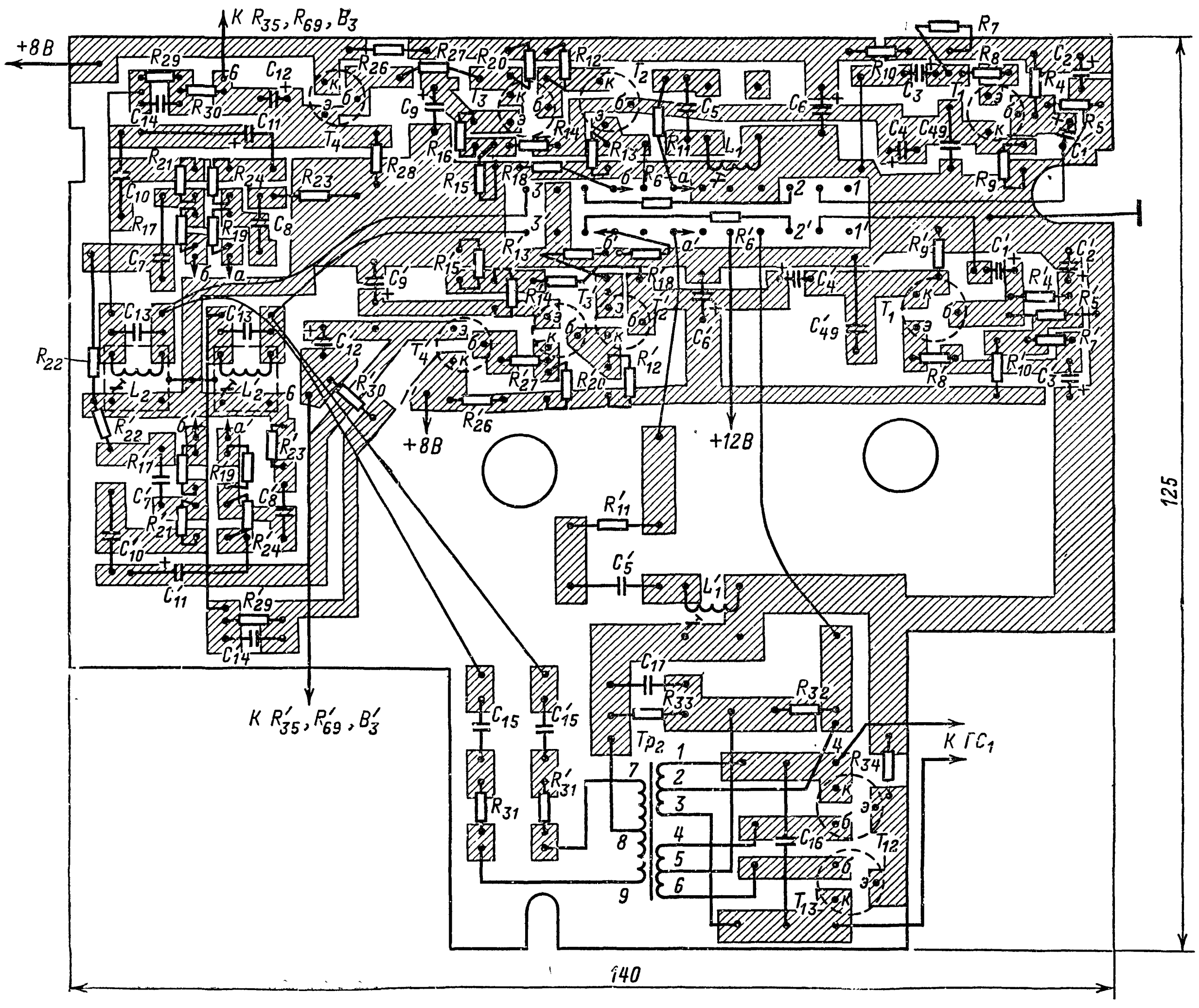


Рис. 3-28. Печатная плата и схема соединений деталей универсальных усилителей и генератора тока стирания и подмагничивания.

Детали, примененные в электрической части магнитофона, распространены достаточно широко: постоянные резисторы — ВС-0,125 (кроме проволочных R_{16}, R'_{16}, R_{67}, R'_{67}, R_{87}), переменные — СП3-4аМ типа В (R_{36} и R'_{36}), типа А (R_{44}, R'_{44} и R'_{45}, R_{45}) и типа Б (R_3 и R'_3), подстроечные — СП3-16б; конденсаторы керамические — КЛС, электролитические — К50-6 и К50-3; универсальная головка от магнитофона «Виль-

ма-стерео», стирающая от «Весны-306»; индикаторы уровня — стрелочные миллиамперметры М476; лампа подсвета их шкалы типа СМ-9-60.

Трансформаторы и катушки магнитофона — самодельные. Трансформатор Tp_1 намотан на магнитопроводе из двух сложенных вместе колец с внешним диаметром 10 мм, внутренним диаметром 20 мм и высотой

Транзисторы, примененные в магнитофоне, допускают замены: T_1 — на ГТ308Б, ГТ309Б, МП116; T_2 — T_4 — на КТ312В, КТ315Б; T_5 — T_8, T_{14}, T_{15}, T_{17} — на КТ312В; T_9 — на ГТ321В, ГТ308В, КТ326Б; T_{10}, T_{11} — на КТ801А, КТ903А; T_{12}, T_{13} — на КТ315Б, КТ316А, КТ306Г; T_{16} — на КТ312Б, КТ315А; T_{18} — на КТ604А, ГТ403А.

Налаживание магнитофона (его ведут отдельно для

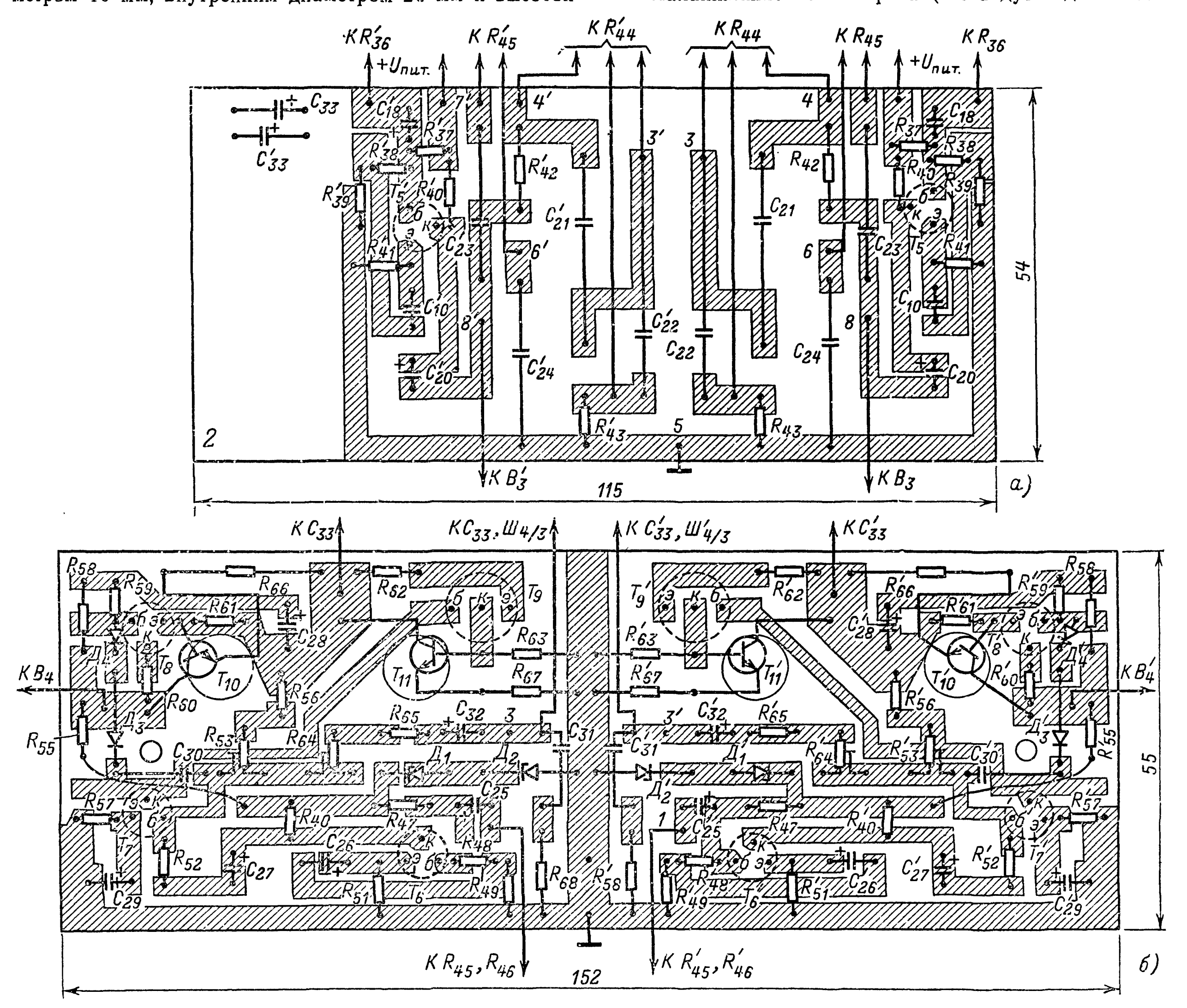


Рис. 3-29. Печатные платы и схемы соединений деталей оконечных усилителей.

15 мм из стали Э350. Обмотка *1-2-3* содержит 2200 витков с отводом от 1270 витка снизу (по схеме). Нижняя часть обмотки выполнена проводом ПЭВ-2 0,27, верхняя обмотка *4-5-6* содержит 180 витков (с отводом от середины) провода ПЭВ-2 0,8.

Трансформатор Tp_2 выполнен на тороидальном магнитопроводе типоразмера К16×10×4 из феррита М1000НМ. Обмотка *1-2-3* состоит из 50 витков провода ПЭЛШО 0,33, обмотка *4-5-6* — из 8 витков провода ПЭЛШО 0,15, обмотка *7-8-9* — из 240 витков провода ПЭЛШО 0,1; все обмотки имеют отводы от середины.

Катушки L_1, L_1', L_2, L_2' намотаны на каркасах от фильтров ПЧ радиоприемника «Сокол» до заполнения: L_1 и L_1' выполнены проводом ПЭВ-1 0,07; L_2 и L_2' — ПЭВ-1 0,1.

обоих каналов) удобнее всего начать в режиме воспроизведения с оконечного усилителя. Измеряют ток покоя (в отсутствие сигнала), включив миллиамперметр в общую цепь питания. Этот ток не должен превышать 50 мА. В противном случае необходим подбор резисторов, определяющих режим транзисторов T_8 — T_{11}. Подстроечным резистором R_{53} устанавливают напряжение на коллекторе транзистора T_{11}, равным половине напряжения питания.

На верхний (по схеме) вывод резистора R_{36} подают сигнал частотой 1 кГц и амплитудой, при которой не происходит ограничения усиливаемого сигнала (отсутствие ограничения проверяют, просматривая выходной сигнал с помощью осциллографа ЛО-70, С1-5 и т. п.). Как правило, на осциллограмме будет видна так называемая «ступенька» — характерное для транзисторных

двухтактных каскадов искажение сигнала. Подбором диодов $Д_3$ и $Д_4$ сводят это искажение к минимуму.

Устанавливают режимы транзисторов T_5 и T_6 подбором резисторов R_{37} и R_{47} таким образом, чтобы при увеличении амплитуды входного сигнала выходной сигнал ограничивался сверху и снизу симметрично.

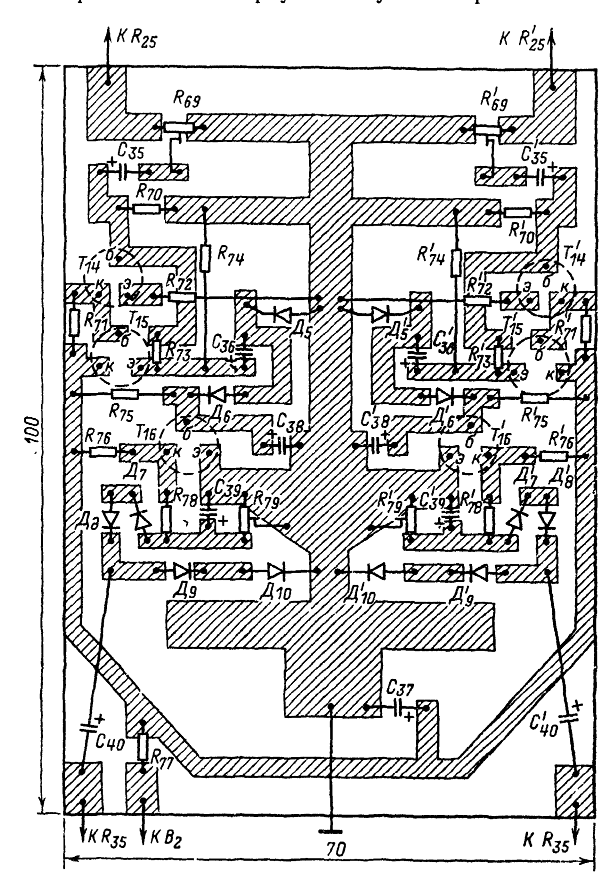


Рис. 3-30. Печатная плата и схема соединений деталей шумоподавителей.

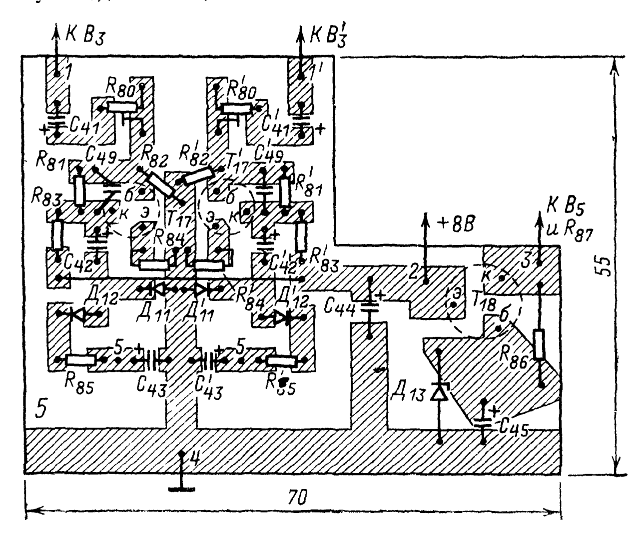


Рис. 3-31. Печатная плата и схема соединений деталей индикаторов уровней и стабилизатора напряжения питания.

Затем переходят к налаживанию универсального усилителя. Вначале устанавливают режимы транзисторов T_1 — T_4 подбором резисторов R_5 и R_{14}, подав сигнал с частотой 1 кГц на базу транзистора T_1. Критерием правильной установки режима также служит симметричное ограничение сигнала, контролируемое осциллографом.

Положение блока универсальных головок регулируют, используя магнитофильм фирмы «Мелодия», зарядив его в кассету с вырезами напротив универсальной и стирающей головок. Вначале регулируют высоту установки головок так, чтобы лента проходила точно между их направляющими. Затем регулируют положение универсальных головок относительно плоскости ленты (регулировочным винтом) так, чтобы получить максимальный уровень сигнала на высших частотах рабочего диапазона.

После установки головок подбирают конденсатор C_7 и резистор R_{22} с тем, чтобы получить достаточный уровень сигнала на средних частотах. Для получения требуемой частотной коррекции настраивают контур $L_1C_5R_{11}$ на частоту 14 кГц.

В режиме записи прежде всего проверяют работу генератора тока подмагничивания и стирания. Для этого можно использовать любую ненужную запись. Включив магнитофон в режим записи и установив резистор R_3 в положение минимального уровня, стирают запись. Если стирания не происходит, проверяют правильность подключения выводов обмотки трансформатора $Тр_2$ (можно попробовать поменять местами крайние выводы одной из обмоток: *1-2-3* либо *4-5-6*).

Настраивают фильтр-пробку L_2C_{13} на частоту генератора по максимуму напряжения на универсальной головке. Низкочастотный сигнал частотой 400 Гц и амплитудой 10—15 мВ подают на вход универсального усилителя, предназначенный для записи от звукоснимателя. Подбирают конденсатор C_8 и резистор R_{23}, устанавливая достаточный уровень сигнала на средних частотах рабочего диапазона. Индикатор уровня калибруют, делая контрольные записи сигнала одной частоты и затем воспроизводят их (наличие искажений при чрезмерно большом уровне записи контролируют с помощью осциллографа). Записывают сигналы частотой 1 и 10 кГц и напряжением, на 20 дБ меньшим максимального уровня записи. Воспроизводя записи, измеряют напряжения обоих сигналов. Если амплитуда сигнала частотой 10 кГц окажется больше амплитуды сигнала частотой 1 кГц, увеличивают ток подмагничивания (уменьшают сопротивление резистора R_{31}) до тех пор, пока уровни обоих сигналов при воспроизведении не станут равными. Если же большей (существенно) окажется амплитуда сигнала частотой 1 кГц, корректирующий контур $L_1C_5R_{11}$ перестраивают на более низкую частоту. Хотя это несколько сужает рабочий диапазон частот, приходится идти на такую жертву, ибо уменьшение тока подмагничивания повышает относительный уровень помех и увеличивает нелинейные искажения.

После налаживания обоих каналов магнитофона в режимах записи и воспроизведения снимают частотную характеристику. Рабочий диапазон частот сквозного канала должен составлять от 40 Гц до 14 кГц при максимальной неравномерности характеристики ±3 дБ.

В заключение налаживают шумоподавитель. Устанавливают в магнитофон кассету с чистой лентой. Регуляторы громкости обоих каналов ставят в положение максимума, движок подстроечного резистора R_{69} — в нижнее (по схеме), R_{79} — в верхнее положение. В режиме воспроизведения, медленно вращая ось резистора R_{79}, добиваются пропадания шума в громкоговорителях. Затем перемещают движок резистора R_{69} вверх до тех пор, пока шум не появится вновь. После этого ось резистора R_{69} поворачивают назад на небольшой угол (до пропадания шума). Оси резисторов R_{69} и R_{79} фиксируют в этих положениях.

КАССЕТНЫЙ СТЕРЕОМАГНИТОФОН С ШУМОПОДАВИТЕЛЕМ СИСТЕМЫ ДОЛБИ

Дальнейшим развитием идей, заложенных А. Мосиным в конструкцию любительского магнитофона на базе лентопротяжного механизма от «Весны-306», является стереофонический четырехдорожечный магнитофон с шумоподавителем системы Долби.

Его параметры таковы: скорость движения ленты 4,76 см/с (вторая скорость, предусмотренная в «Весне-306», не используется); диапазон рабочих частот сквозного канала 40 Гц — 14 кГц при использовании обычной ленты и 40 Гц — 16 кГц при использовании ленты с магнитным слоем из двуокиси хрома; относительный уровень шума без шумоподавителя 47 дБ, с шумоподавителем 55 дБ; номинальная чувствительность с микрофонного входа 2 мВ, с универсального (он предназначен для подключения звукоснимателя, радиоприемника и т. п.) 200 мВ; напряжение сигнала на линейном выходе 0,7 В: частота генератора тока подмагничивания и стирания 80 кГц; питание — от сети напряжением 127 и 220 В; потребляемая мощность 10 Вт.

В качестве прототипа автором конструкции взята схема магнитофона CN-730 фирмы «Грюндиг».

Принципиальная схема электрической части любительского магнитофона приведена на рис. 3-32.

Для упрощения на схеме показан лишь один из двух идентичных каналов усиления. Генератор тока подмагничивания и стирания, блок питания и электронный стабилизатор напряжения питания, схемы которых также приведены на рис. 3-32 — общие для обоих каналов.

Каждый канал усиления включает в себя микрофонный усилитель на транзисторе T_1, усилитель-формирователь АЧХ в режиме воспроизведения на транзисторах T_2, T_3, шумоподавитель на транзисторах T_4 — T_8, усилитель-формирователь частотных предыскажений в режиме записи на транзисторах T_9, T_{10} и индикатор уровня записи на транзисторах T_{16}—T_{18} и стрелочном индикаторе $ИП_1$.

Генератор тока подмагничивания и стирания собран на транзисторах T_{12} — T_{14} и трансформаторе $Тр_2$, блок питания — на трансформаторе $Тр_1$ и диодах $Д_{18}$ — $Д_{21}$, электронный стабилизатор напряжения питания — на транзисторе T_{15} и стабилитронах $Д_{14}$, $Д_{15}$. Плата электродвигателя, на которой собрано устройство питания и стабилизации частоты вращения бесконтактного электродвигателя,— готовая, от «Весны-306». В качестве электронного выключателя и фильтра в цепях питания электродвигателя и выходного каскада индикатора уровня записи применен транзистор T_{19}.

Всего в электрической части магнитофона (вместе с блоком управления электродвигателем) применено 42 транзистора. Однако кажущаяся сложность схемы окупается удобством в обращении, хорошими электрическими характеристиками, некритичностью к параметрам транзисторов и простотой в налаживании. Использование электронной коммутации при переключении режимов работы («Запись» — «Воспроизведение») позволяет упростить механическую часть, в которой использован лишь один переключатель на четыре направления.

В режиме записи микрофонный усилитель (в нем применен малошумящий транзистор КТ358Б) используется только при работе от микрофона. Переключатель $В_2$ при этом должен находиться в верхнем (по схеме) положении. Сигнал от микрофона (с разъема $Ш_2$) подается на базу транзистора T_1, усиленный же сигнал с его коллектора через переключатели $В_{2б}$ и $В_{1б}$ подается на базу транзистора T_2 следующего каскада. При работе с универсального входа (переключатель $В_2$ в нижнем положении) НЧ сигнал с разъема $Ш_1$ подается сразу на базу транзистора T_2. Резистор R_8 в обоих случаях служит регулятором уровня записи.

Каскады на транзисторах T_2 и T_3 в режиме записи имеют в рабочем диапазоне частот линейную частотную характеристику, так как диод $Д_2$ закрыт, и цепь частотно-зависимой обратной связи $R_{22}C_{14}R_{29}R_{19}C_{11}C_{15}R_{18}$ отключена. Отрицательная обратная связь в этих каскадах образуется цепью $R_{24}C_9$ и открытым диодом $Д_1$. Цепь $R_{23}C_{12}$ заваливает характеристику на частотах выше 16 кГц.

С коллектора транзистора T_3 усиленный сигнал подается на вход шумоподавителя, отличающегося от известных устройств подобного рода применением в управляемом высокочастотном фильтре биполярного транзистора T_5 и диодов $Д_4$, $Д_5$. Связано это с тем, что обычно используемые в шумоподавителях системы Долби полевые транзисторы имеют разное сопротивление для положительной и отрицательной полуволн сигнала и поэтому вносят искажения.

При малом сигнале транзистор T_5 открыт, напряжение между его эмиттером и коллектором мало, диоды $Д_4$, $Д_5$ закрыты, и сигнал поступает на следующие каскады. При увеличении сигнала на базу транзистора T_5 подается выпрямляемое диодами $Д_{10}$, $Д_{11}$ отрицательное (относительно эмиттера) напряжение, и транзистор начинает закрываться. Это приводит к росту напряжения эмиттер — коллектор, открывающего диоды $Д_4$, $Д_5$. Диоды начинают шунтировать цепь, по которой проходит сигнал, конденсаторами C_{23}, C_{24}, что вызывает ослабление высокочастотных составляющих его спектра.

В режиме записи диод $Д_7$ открыт, диод $Д_6$ закрыт и устройство работает как компрессор. Оключается шумоподавитель выключателем $В_4$.

С коллектора транзистора T_4 сигнал подается на базу транзистора T_9, который вместе с транзистором T_{10} образует усилитель-формирователь частотных предыскажений. В режиме записи диод $Д_{12}$ закрыт, $Д_{13}$ открыт. Поэтому оба каскада охвачены частотно-зависимой обратной связью, напряжение которой подается через корректирующую цепь $R_{75}C_{46}R_{74}C_{43}R_{72}C_{42}R_{70}$, открытый диод $Д_{13}$ и конденсаторы C_{40}, C_{41} с коллектора транзистора T_{10} в цепь эмиттера транзистора T_9.

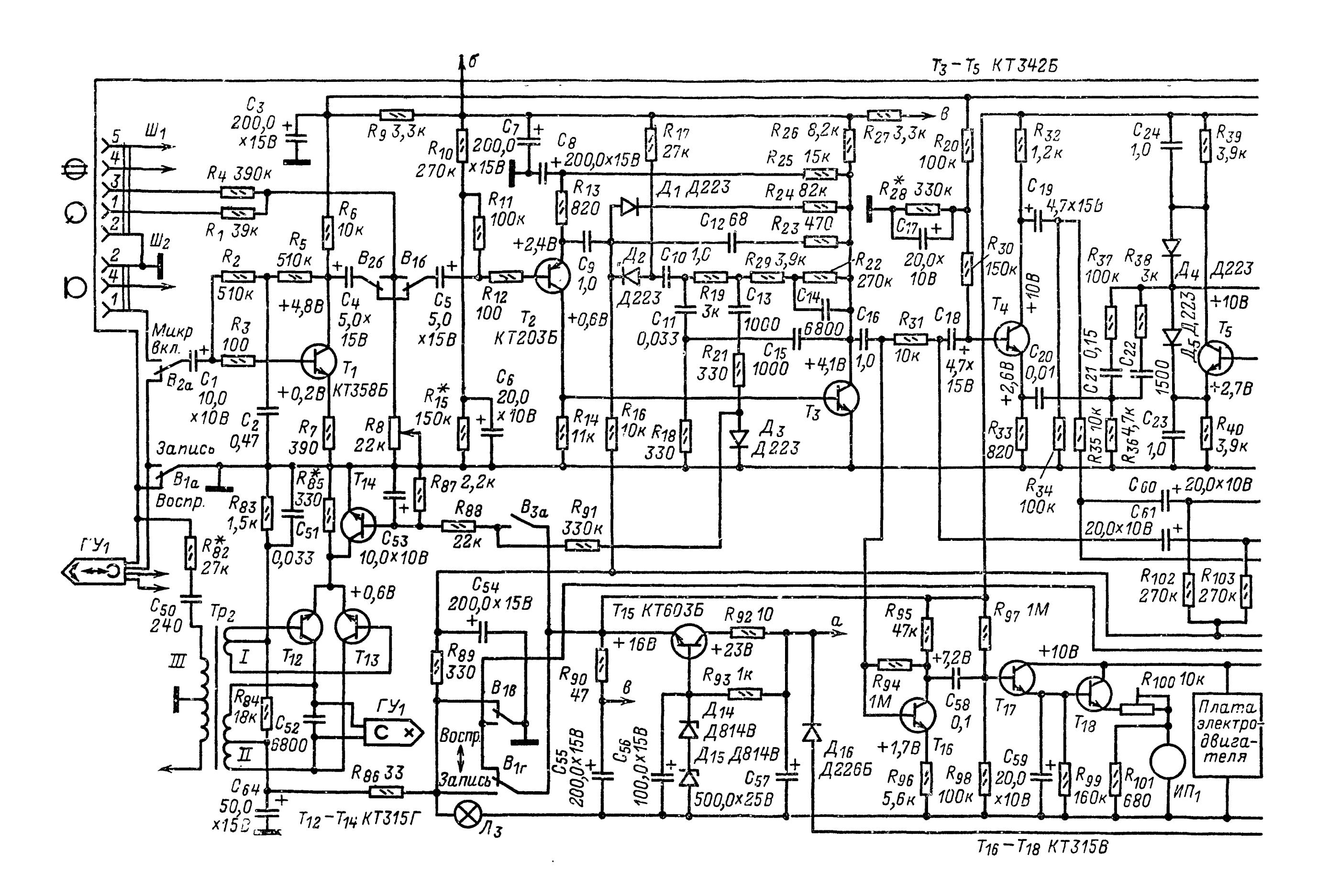
Для частотной коррекции применена также цепь $R_{71}C_{45}$, заваливающая АЧХ на частотах выше 16 кГц.

С коллектора транзистора T_{10} сигнал поступает на базу транзистора T_{11}, включенного по схеме эмиттерного повторителя, и через цепь $C_{49}R_{110}R_{109}$ подается на блок универсальных головок $ГУ_1$. Эмиттерный повторитель попутно выполняет функции буферного каскада, предотвращающего проникновение напряжения подмагничивания в усилительные каскады. Обычно для этой цели приходится включать в цепь сигнала фильтр-пробку, настроенную на частоту генератора тока подмагничивания и стирания.

Генератор собран по обычной двухтактной схеме. Стирающая головка подключена непосредственно к коллекторам транзисторов T_{12}, T_{13}, универсальная головка — к отдельной обмотке трансформатора $Тр_2$. В цепи эмиттеров транзисторов T_{12}, T_{13} включен участок эмиттер — коллектор транзистора T_{14}, играющий роль регулируемого сопротивления. Сделано это для того, чтобы иметь возможность увеличивать ток подмагничивания при записи на ленту с магнитным слоем из двуокиси хрома. От переключателя типа ленты $В_3$ на базу транзистора T_{14} подается открывающее его напряжение, транзистор шунтирует резистор R_{85} и ток подмагничивания увеличивается. Одновременно возрастает и ток записи, так как секция переключателя $В_{3б}$ замыкает накоротко резистор R_{109}.

Лампа $Л_3$ служит для индикации включения режима записи.

В режиме воспроизведения (ему соответствуют показанные на принципиальной схеме положения переключателей) микрофонный усилитель на транзисторе T_1 усиливает сигнал, поступающий на его базу с универсальной головки. Затем сигнал подается на усилитель-формирователь АЧХ. В этом устройстве используются транзисторы T_2, T_3, которые теперь охвачены (в отли-



чие от режима записи диод $Д_2$ открыт, $Д_1$ закрыт) частно-зависимой обратной связью через цепь $R_{22}C_{14}R_{29}R_{19}C_{11}C_{15}R_{18}$. При использовании ленты с магнитным слоем двуокиси хрома диодом $Д_3$ дополнительно включается еще одна цепь коррекции $R_{21}C_{13}$, создающая подъем АЧХ на частоте 16 кГц.

Шумоподавитель в режиме воспроизведения работает как экспандер (диод $Д_6$ закрыт, $Д_7$ открыт).

Если запись была сделана без шумоподавителя, необходимо отключить (переключателем $В_5$) цепь $R_{59}C_{34}$. При этом шумоподавитель работает в режиме, близком к динамическому шумопонижению.

Усилитель на транзисторах $Т_9$, $Т_{10}$ при воспроизведении фонограмм имеет линейную АЧХ, так как цепь частотно-зависимой обратной связи отключается (диод $Д_{12}$ открыт, $Д_{13}$ закрыт), и каскады охвачены отрицательной обратной связью через цепь $R_{73}C_{44}$.

С коллектора транзистора $Т_{10}$ сигнал через цепь $R_{78}C_{48}$ поступает на линейный выход (разъем $Ш_3$).

Детали, примененные в электрической части магнитофона — стандартные либо самодельные. Универсальная магнитная головка — от магнитофона «Вильма-стерео», стирающая — от «Весны-306». Индикаторы уровня записи — стрелочные миллиамперметры М476. Лампы $Л_1$—$Л_3$ — СМ-9-60. Типы остальных деталей заводского изготовления некритичны.

Трансформатор $Тр_1$ намотан на тороидальном магнитопроводе с внешним диаметром 40 мм, внутренним диаметром 20 мм и высотой 15 мм из стали Э350. Обмотка I состоит из 3400 витков с отводом от 1905 витка снизу (по схеме). Верхняя половина обмотки выполнена проводом ПЭВ-2 0,1, нижняя — ПЭВ-2 0,15. Обмотка II содержит 300 витков с отводом от середины, она выполнена проводом ПЭВ-2 0,35.

Трансформатор $Тр_2$ намотан на магнитопроводе типоразмера К16×10×4 из феррита М1000НМ. Обмотка I содержит 50 витков провода ПЭЛШО 0,33, обмотка II — 8 витков провода ПЭЛШО 0,15, обмотка III — 240 витков провода ПЭЛШО 0,1. Все обмотки имеют отводы от середины.

Налаживание электрической части магнитофона начинают, как обычно, с проверки работы блока питания и стабилизатора напряжения и измерения режимов транзисторов. Напряжения на их электродах указаны на принципиальной схеме. Настройка усилительных каскадов магнитофона не имеет особенностей и может быть проведена по общепринятой методике.

При налаживании генератора тока подмагничивания и стирания вначале подбирают резистор R_{85} так, чтобы токи подмагничивания, соответствующие двум положениям переключателя $В_3$, отличались примерно на 30%. После подбора резистора R_{85} устанавливают необходимый для обычной ленты ток подмагничивания.

Шумоподавитель вначале налаживают, отключив диоды $Д_4$, $Д_5$, $Д_{10}$. При этом он работает как обычный усилитель. Подбирают рабочие токи транзисторов так, чтобы получить максимально линейную АЧХ. При этом на базу транзистора $Т_4$ подают низкочастотный сигнал от генератора, а к коллекторам транзисторов $Т_4$—$Т_8$ поочередно подключают осциллограф. Режимы устанавливают подбором резисторов в цепях без R_{28}, R_{42}, R_{45}, R_{54}. Критерием линейности характеристики служит симметричное ограничение сигнала при увеличении напряжения, подаваемого от генератора.

Восстановив соединения диодов $Д_4$, $Д_5$, $Д_{10}$, устанавливают необходимый порог срабатывания шумоподавителя. При этом воспроизводят запись, сделанную на заведомо исправном магнитофоне заводского изготовления (уровень записи должен быть максимальный). Выключают шумоподавитель выключателем $В_4$. Измеряют напряжение на линейном выходе и принимают его за условный нулевой уровень. Резистор R_{31} отключают

Рис. 3-32. Принципиальная схема магнитофона.

от конденсатора C_{16} и также в режиме воспроизведения подают через этот резистор НЧ сигнал частотой 10 кГц (шумоподавитель должен быть по-прежнему выключен). Увеличивают уровень сигнала, пока напряжение на линейном выходе не достигнет условного нулевого уровня. Измерив соответствующее этому случаю напряжение сигнала, подаваемого от генератора, уменьшают его уровень на 40 дБ и включают шумоподавитель. Напряжение на линейном выходе должно уменьшится при этом примерно на 10 дБ. Если такого уменьшения не будет, подбирают резистор R_{42}.

Последовательно уменьшая входной сигнал на 30, 20 и 10 дБ и изменяя его частоту, проверяют соответствие изменений напряжения на линейном выходе графику, приведенному на рис. 3-33 (штриховые линии).

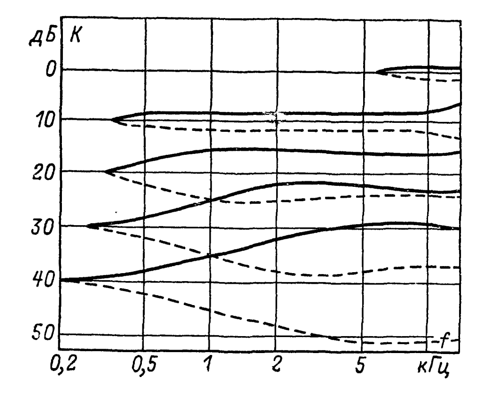


Рис. 3-33. График изменения напряжения на линейном выходе (штриховая линия) и характеристика шумоподавителя в режиме записи (сплошная линия).

На том же графике показаны характеристики шумоподавителя в режиме записи (сплошные линии). Нетрудно заметить, что для двух режимов работы магнитофона характеристики симметричны относительно горизонтальной оси. Такие характеристики будут получены, если сигнал в режиме воспроизведения на входе шумоподавителя, соответствующий условному нулевому уровню на линейном выходе, равен сигналу, соответствующему максимальному уровню в режиме записи.

ЧЕТЫРЕ ДОРОЖКИ В «НОТЕ-303»

Широко распространенная магнитофонная приставка «Нота-303» предназначена для записи и воспроизведения на двух дорожках. Радиолюбитель Б. Смиренный из Новомосковска Тульской области считает, что магнитную ленту можно использовать гораздо экономнее, если переделать приставку так, чтобы она позволяла записывать и воспроизводить фонограммы на четырех дорожках. Время записи и воспроизведения при этом увеличивается вдвое. Переделка несложна и вполне доступна радиолюбителю средней квалификации. Она заключается в замене магнитных головок, установке дополнительных каскада усиления (это необходимо из-за того, что уровень воспроизводимого при записи на четыре дорожки сигнала оказывается существенно меньшим, чем при двухдорожечной записи) и переключателя дорожек, а также установке токов подмагничивания, записи и стирания.

Все изменения, которые придется внести в электрическую часть приставки, показаны на рис. 3-34 (на схеме позиционные обозначения деталей, не подвергающихся изменению, соответствуют заводской инструкции). Новыми деталями являются блоки универсальных (*ГУ*) и стирающих (*ГС*) головок и переключатель дорожек B_1 (в одном положении он включает первую и четвертую,

во втором — вторую и третью дорожки). В переделанной приставке можно применить головки от четырехдорожечных магнитофонов «Юпитер-201», «Юпитер-202», «Маяк-201», «Сатурн-301» и галетный либо движковый (например, от приемника «Сокол») переключатель.

Дополнительный каскад усилителя собран на правом (по схеме) триоде лампы $Л_3$. Сигнал на его сетку подается с анода правого триода лампы $Л_2$ через конденсаторы C_9, C_{22} и резистор R_{17}. Усиленное каскадом напряжение через конденсатор C_{23} поступает на разъем $Ш_1$ ($Тф$).

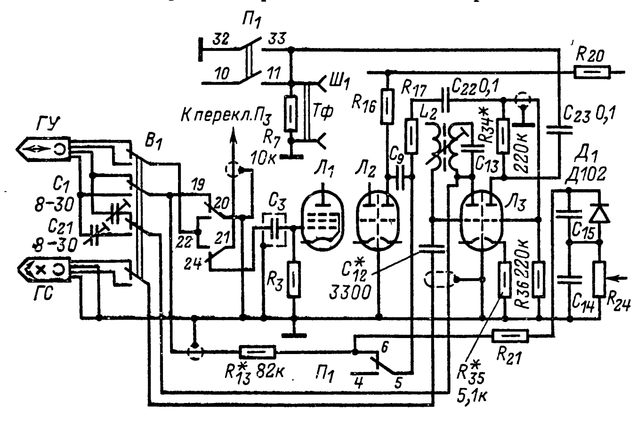


Рис. 3-34. Принципиальная схема изменений, внесенных в «Ноту-303».

Блоки головок укрепляют на тех же местах, что и заменяемые головки, используя тот же способ крепления. Блок универсальных головок должен охватываться лентой в пределах угла 20° при натяжении ленты до 0,7 Н (около 70 г. с). Переключатель B_1 устанавливают на панели приставки между переключателем входов и переключателем рода работ. Вновь добавляемый подстроечный конденсатор C_{21} устанавливают рядом с имеющимся в приставке конденсатором C_1. Для крепления можно просверлить два отверстия и нарезать в них резьбу либо приклеить конденсатор C_{21} клеем (БФ-2, «Суперцемент» и т. п.).

Для того чтобы правильно установить токи записи и усиление, необходимо предварительно (до переделки) измерить НЧ напряжение на выходе приставки при воспроизведении сигнала одного тона частотой 1 кГц, записанного при максимальном уровне на ленту типа 10. После переделки вновь воспроизвести эту запись и, подбирая резисторы R_{34} и R_{35}, добиться, чтобы выходное НЧ напряжение было равно той же величине.

Требуемый ток стирания устанавливают подбором конденсатора C_{12}. При этом используют какую-либо музыкальную запись и, постепенно увеличивая ток, добиваются, чтобы стертая запись при воспроизведении через внешний усилитель НЧ (усиление должно быть максимальным) не прослушивалась ни на одной из дорожек.

Далее подбирают ток подмагничивания. На вход усилителя, включенного на запись, подают сигнал частотой 1 кГц и устанавливают нормальный уровень записи по индикатору. Вращая ротор конденсатора C_1, ступенями изменяют ток подмагничивания и записывают сигнал на первую дорожку. Аналогично поступают и с конденсатором C_{21}, записывая сигнал на вторую дорожку. При воспроизведении записи измеряют напряжение НЧ сигнала на выходе приставки и отмечают участок, на котором амплитуда записанного сигнала максимальна. Этому участку и соответствует требуемый ток подмагничивания. Остается установить роторы обоих конденсаторов в то положение, при котором было достигнуто это значение тока.

В заключение подбором резистора R_{13} устанавливают оптимальный уровень тока записи. При этом вновь используют подаваемый на вход приставки сигнал частотой 1 кГц и делают пробную запись. Воспроизводя ее, измеряют НЧ напряжение на выходе и сравнивают его с тем, которое было получено до переделки. Если после переделки оно оказалось меньшим, сопротивление резистора R_{13} уменьшают, если большим — увеличивают.

После того как токи и усиление подобраны, остается окончательно проверить работу приставки в режиме записи и воспроизведения на всех четырех дорожках. Для этого, используя внешний усилитель НЧ, проверяют частотную характеристику во всем диапазоне частот или, в крайнем случае, при отсутствии приборов оценивают качество звучания на слух. Если значения токов и усиления установлены правильно, качество работы магнитофонной приставки после переделки не ухудшится.

ТЕРМЕНВОКС

Терменвокс — это первый электромузыкальный инструмент. Свое название он получил от создателя и исполнителя музыкальных произведений инженера Л. С. Термена. Первый экземпляр терменвокса был построен более 50 лет тому назад. Тогда это был довольно громоздкий инструмент, в котором использовались только что появившиеся отечественные радиолампы. Инструмент сразу нашел горячих поклонников и среди специалистов в области радиотехники, и среди музыкантов. Одним из первых слушателей терменвокса был В. И. Ленин, давший качеству его звучания положительную оценку.

Принцип работы терменвокса прост — инструмент представляет собой два генератора, вырабатывающих одинаковые по частоте колебания. От одного из генераторов выведена так называемая антенна, к которой исполнитель подносит руку, внося тем самым в контур генератора дополнительную емкость. Когда рука исполнителя находится далеко от антенны, разность частот колебаний генераторов равна нулю, звука нет. Когда же рука приближается к антенне, появляется звук, и тем более высокой частоты, чем большая емкость вносится в контур генератора (чем ближе поднесена рука к антенне), т. е. чем больше различаются частоты генераторов.

Терменвокс, сконструированный московским радиолюбителем Л. Королевым, является дальнейшим развитием аппаратов, основанных на идее Л. С. Термена. Инструмент Л. Королева отличается от своих предшественников рядом преимуществ, собран он на современных элементах. В терменвоксе применена новая схема манипулятора с независимой плавной регулировкой переднего и заднего фронтов сигнала. Вместо двухконтурной схемы гармонического синтеза применена более простая одноконтурная схема, введена стабилизация напряжения источника питания. Это позволило значительно расширить исполнительские возможности инструмента без существенного усложнения его конструкции.

Принципиальная схема терменвокса приведена на рис. 3-35. Он состоит из неуправляемого генератора постоянной частоты на транзисторе T_1, собранного по схеме с емкостной обратной связью; управляемого генератора на транзисторе T_2 со штыревой антенной (схема управляемого генератора аналогична схеме неуправляемого); контура формирования тембра L_5C_{13} с усилителем на транзисторе T_3; детектора на транзисторе T_4, собранного по схеме триодного детектирования; манипулятора, первая ступень которого собрана на диодах $Д_3$ и $Д_4$, вторая — на транзисторе T_5; устройства формирования фронтов сигнала («атаки» и «затухания»), собранного на резисторах R_{28}—R_{33}, конденсаторах C_{24}—C_{26} и диодах $Д_{10}$ и $Д_{11}$; регулятора громкости на резисторе R_{34}.

Неуправляемый генератор генерирует колебания с частотой 90 кГц, управляемый — с частотой изменя-

ющейся в пределах от 90,016 до 94 кГц. Частоты генераторов определяются данными их контуров L_1C_1 и L_2C_8. Их частоты выбраны близкими друг к другу. С контуром L_2C_8 индуктивно связан контур, состоящий из индуктивностей катушек L_3, L_4 и емкости антенны $Ан_1$. Степень связи этих контуров определяет мензуру

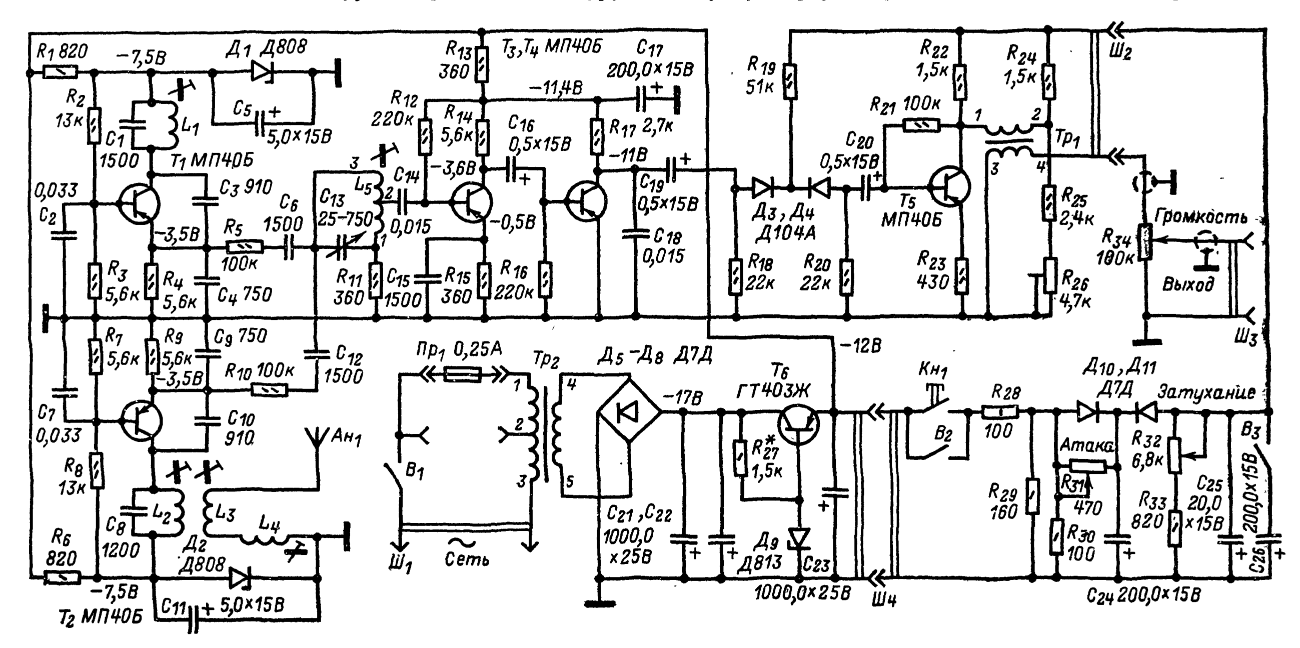


Рис. 3-35. Принципиальная схема терменвокса.

(т. е. диапазон изменения звуковых частот) инструмента. Зависит мензура также и от частоты настройки антенного контура.

Напряжения, снимаемые с генераторов, через цепочки R_5C_6 и $R_{10}C_{12}$, служащие для развязки генераторов и контура формирования тембра, поступают на контур L_5C_{13}.

Этот контур настраивается конденсатором C_{13} на высшие гармоники сигналов генераторов. В зависимости от емкости конденсатора он может быть настроен либо только на первые гармоники, либо на вторые, третьи или четвертые.

Усиленный транзистором T_3 сигнал, снятый с части витков контура L_5C_{13}, подается на детектор T_4. В результате детектирования на нагрузке детектора — резисторе R_{17} выделяется напряжение биений частот генераторов (частота биений меняется от 16 Гц до 4 кГц) вместе с обертонами — высшими гармониками этих сигналов. Высшие гармоники отфильтровываются конденсатором C_{18}.

Полученный низкочастотный сигнал далее поступает на манипулятор, который обеспечивает паузы во время исполнения. Манипулятор должен надежно закрывать канал прохождения звука (не хуже чем на —60 дБ), при этом не должны прослушиваться щелчки при переходных процессах. Эти условия выполняются при применении двойной ступени затухания. Первая ступень выполнена на диодах $Д_3$ и $Д_4$, вторая — на транзисторе T_5. Манипулятор включается при нажатии кнопки $Кн_1$.

Когда контакты кнопки $Кн_1$ не замкнуты, на диоды $Д_3$, $Д_4$ напряжение не поступает, и они закрыты. При этом звуковое напряжение на выходе манипулятора практически отсутствует. При замыкании кнопки на диоды поступает открывающее их напряжение, и на базе транзистора появляется звуковой сигнал. Резисторы R_{22}, R_{24}—R_{26} и транзистор T_5 образуют мост, в одну из диагоналей которого включена первичная обмотка трансформатора $Тр_1$, в другую через устройство формирования «атаки» и «затухания» звука и контакты кнопки $Кн_1$ подается напряжение от стабилизированного источника. При этом, если мост сбалансирован, через обмотку трансформатора ток не проходит, и переходные процессы на выходе манипулятора не прослушиваются. Балансируют мост резистором R_{26}.

Звуковой сигнал с выхода транзистора T_5 поступает на педальный регулятор громкости — резистор R_{34}.

«Атака» и «затухание» звука формируются за счет разных длительностей нарастания и спада напряжения, подаваемого на манипулятор. Регулируют эти длительности изменением постоянных времени RC-цепей регуляторами на резисторах R_{31} и R_{32}. При замыкании $Кн_1$ питающее напряжение поступает на делитель R_{28}—R_{30}. Конденсатор C_{24} через резистор R_{31} заряжается до напряжения, поступающего с делителя. Время заряда этого конденсатора и определяет время «атаки», так как напряжение с конденсатора поступает через открытый диод $Д_{11}$ на конденсатор C_{25} и манипулятор. Поскольку постоянная времени заряда конденсатора C_{25} мала, он не участвует в формировании времени «атаки».

При отпускании кнопки $Кн_1$ конденсатор C_{24} быстро разряжается через резисторы R_{29}, R_{30} и прямое сопротивление диода $Д_{10}$. При этом диод $Д_{11}$ закрыт, и конденсатор C_{25} медленно разряжается через резисторы R_{32} и R_{33}, а также через подключенные параллельно резисторы моста манипулятора. Спад напряжения на конденсаторе C_{25} определяет время «затухания» звукового сигнала. Это время может быть при желании увеличено подключением параллельно конденсатору C_{25} конденсатора C_{26} (выключателем B_3). Звук при этом будет похож на звук гавайской гитары.

Для питания терменвокса используется стабилизированный выпрямитель. Стабилизатор собран на транзисторе T_6 и стабилитроне $Д_9$. Он необходим для того, чтобы перепады питающего напряжения, возникающие при манипуляции, не вызывали ухода частоты генераторов. Потребляемый от выпрямителя ток в паузах не превышает 15 мА, при открытом манипуляторе — 100 мА.

Поскольку уровень громкости сигнала, снимаемого с выхода терменвокса, невелик, для озвучивания поме-

щения необходимо подключать его к усилителю НЧ с входным сопротивлением не менее 250 кОм.

Терменвокс собран на металлическом шасси размерами 220×120×33 мм и помещен в футляр из текстолита. В футляре сделаны отверстия для антенны, оси конденсатора C_{13}, а также для вентиляции. Электрическая часть смонтирована на печатной плате размерами 120×

Конденсатор C_{13} — фирмы «Тесла»; C_1—C_4, C_8—C_{10} — КСО, остальные — любого типа.

Некоторые полупроводниковые приборы желательно подобрать с идентичными параметрами. Так, транзисторы T_1 и T_2 должны иметь по возможности близкие значения $h_{21э}$ и $I_{КБО}$; транзисторы T_3—T_5 — иметь $h_{21э}$ около 40; диоды манипулятора $Д_3$, $Д_4$, $Д_{10}$, $Д_{11}$ — об-

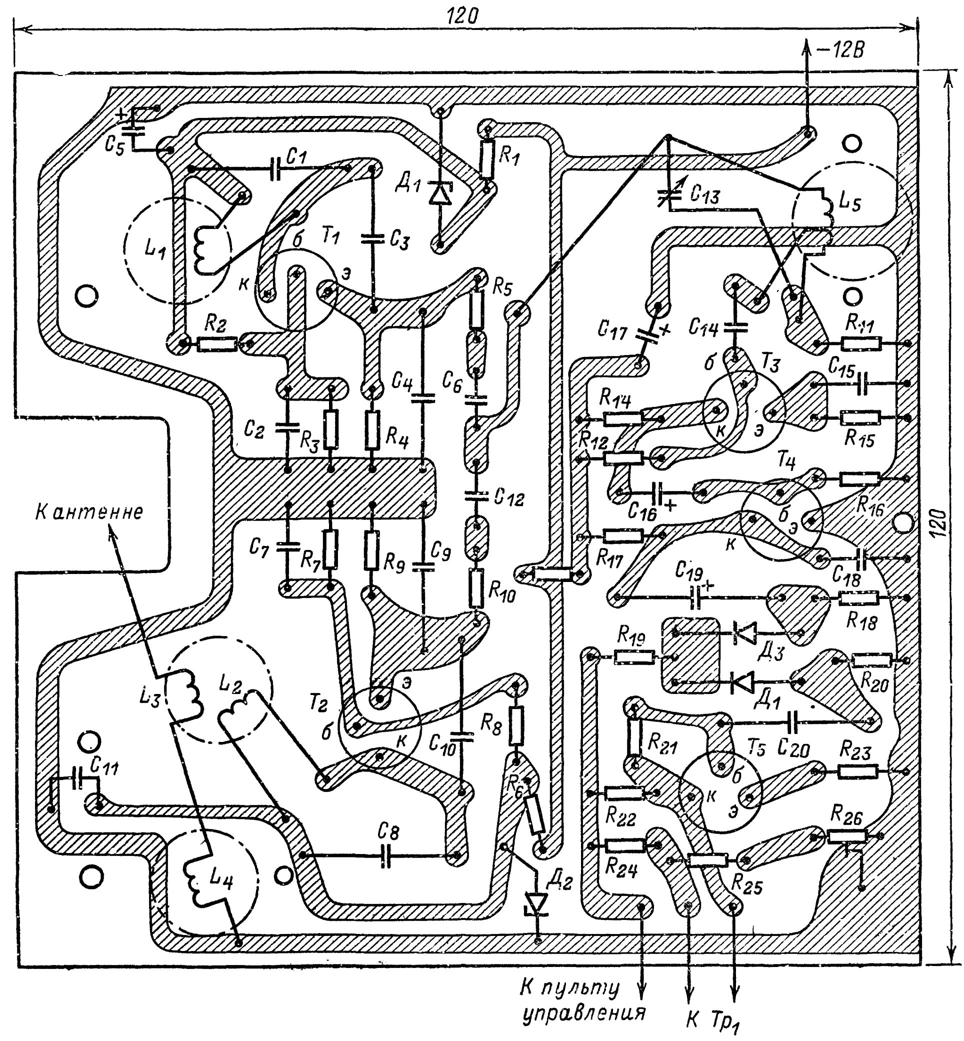


Рис. 3-36. Печатная плата.

×120 мм из фольгированного гетинакса (рис. 3-36). На отдельном выносном пульте собрано устройство формирования «атаки» и «затухания». Размеры пульта 120×80×30 мм.

Печатная плата прикреплена к корпусу-шасси тремя винтами. Непосредственно на шасси установлены трансформатор $Тр_2$, выключатель $В_1$, предохранитель $Пр_1$, конденсаторы C_{21} — C_{23} и гнездо для подключения антенны. Выпрямитель со стабилизатором смонтирован в подвале шасси. Там же размещен трансформатор $Тр_1$ (на наибольшем удалении от трансформатора $Тр_2$).

Детали, примененные в терменвоксе, в основном малогабаритные, унифицированные. Самодельными являются лишь катушки и трансформаторы. Их данные приведены в табл. 3-2. Конструкция каркасов катушек L_1—L_3 показана на рис. 3-37. Их можно изготовить из любого диэлектрического материала.

ладать возможно более близкими вольт-амперными характеристиками; стабилитроны $Д_1$ и $Д_2$ — обеспечивать одинаковые напряжения стабилизации.

Резистор педального регулятора громкости и переменные резисторы R_{31} и R_{32} — СП группы В, резистор R_{26} — СП или СПО-1.

В качестве антенны применен один из лучей комнатной телевизионной антенны. Высота антенны может изменяться при настройке от 40 до 80 см.

Кнопка $Кн_1$ может быть любой конструкции, она рассчитана на ток 150 мА. Ее можно изготовить и самостоятельно из контактов от вышедших из строя реле.

Налаживание терменвокса начинают с проверки режимов транзисторов. Сопротивление резистора R_{27} следует подобрать так, чтобы изменения напряжения на выходе стабилизатора при манипуляции не превышали 0,3 В.

На следующем этапе налаживания настраивают

Таблица 3-2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, мГ	Сердечник
L_1	450	ПЭВ-1 0,12	1,1	СЦГ-1, 600НН
L_2	450	ПЭВ-1 0,12	1,1	СЦГ-1, 600НН
L_3	До заполнения каркаса	ПЭВ-1 0,12	58	СЦГ-1, 600НН
L_4	350	ПЭВ-1 0,12	27	1500НМ3 Б18, внутренний зазор 0,1 мм
L_5:				
1-2	12	ПЭВ-1 0,23	1,5	1500НМ3 Б18, внутренний зазор 0,1 мм
2-3	55			
$Тр_1$:				
1-2	1450	ПЭВ-1 0,08	—	2000НМ1 Б36, без зазора
3-4	2320			
$Тр_2$:				
3-2-1	1270+ +930	ПЭВ-1 0,23; ПЭВ-1 0,17	—	Сталь трансформаторная Ш16Х31
4-5	136	ПЭВ-1 0,64		

контуры генераторов. Вначале используют подстроечные сердечники катушек L_1—L_3. Момент совпадения частот обоих генераторов можно зафиксировать, наблюдая фигуры Лиссажу на экране осциллографа. Напряжение ВЧ снимают при этом с коллектора T_4 через резистор сопротивлением 100—300 кОм.

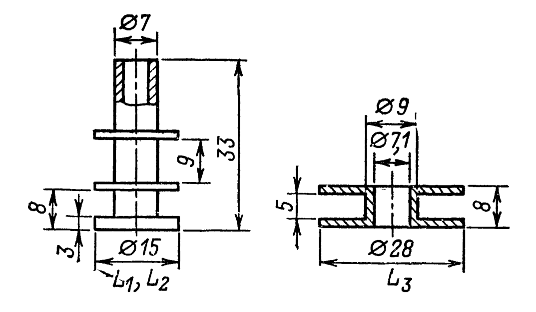


Рис. 3-37. Каркасы катушек L_1 — L_3.

После первоначальной настройки сердечник катушки L_1 фиксируют. Заменяют антенну конденсатором эквивалентной емкости (10—15 пФ). Катушку связи устанавливают на расстоянии около 3 мм от контурной катушки. Подстраивают катушки L_2, L_3 с помощью сердечников до совпадения частот генерации обоих генераторов.

Затем настраивают тракт формирования тембра. Конденсатор C_{13} устанавливают в положение максимальной емкости. К коллектору транзистора T_4 подключают вход усилителя вертикального отклонения осциллографа. Изменяя настройку катушек L_2 и L_3 в небольших пределах, устанавливают частоту биений генераторов около 300 Гц. Перестроив контур L_5C_{13} (конденсатором C_{13}), подбирают резистор R_{17} так, чтобы амплитуда напряжения на выходе детектора составляла 0,3 В.

Конденсатор C_{13} вновь устанавливают в положение максимальной емкости и сердечником катушки L_5 устанавливают амплитуду напряжения на выходе детектора около 0,5 В.

Вход усилителя осциллографа подключают ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$. Манипулятор балансируют резистором R_{26}, добиваясь минимума переходных процессов при манипуляции для наиболее крутых фронтов нарастания и спада сигнала. Лучше всего наличие переходных процессов можно определить на слух.

На заключительном этапе налаживания настраивают окончательно контур управляемого генератора. Антенну подключают к ее гнезду и, регулируя связь между катушками L_2 и L_3 (изменяя расстояние) и подстраивая частоту контуров, устанавливают частотный диапазон инструмента в пределах 4,5—5 октав.

При исполнении на терменвоксе музыкальных произведений правую руку приближают или удаляют от антенны. Левая рука должна соприкасаться (иметь электрический контакт) с корпусом инструмента. В момент точного совпадения частот генераторов колебания должны срываться, о чем будет свидетельствовать вначале резкое повышение частоты звука и затем — его исчезновение. Срыв колебаний должен наступать при поднесении правой руки на расстояние нескольких миллиметров.

Перед началом исполнения инструмент подстраивают регулировкой высоты антенны.

БЛОКИ ГЕНЕРАТОРОВ ВИБРАТО И ТРЕМОЛО

Блок, который разработал москвич О. Володин, позволяет при применении совместно с электромузыкальными инструментами (ЭМИ) получить новые оттенки звучания, имитировать звучание щипковых инструментов, а также уменьшить субъективное восприятие интермодуляционных искажений. Блок содержит два генератора — вибрато и тремоло. Он подключается к задающим генераторам, преобразователям ЭМИ.

Блок экономичен: от источника напряжения 6 В он потребляет ток 25 мА. Его выходное напряжение составляет 1,5 В без нагрузки, выходное сопротивление равно 150 Ом.

Принципиальная схема блока приведена на рис. 3-38. Генераторы собраны на составных транзисторах T_1T_2 и T_3T_4, входящих в микросборку 1ММ6.0. Схемы этих RC-генераторов идентичны. Режим генерации обеспечивается наличием положительной обратной связи через фазосдвигающие цепи C_1—C_4, R_1—R_3 и C_7—C_{10}, R_{14}—R_{16}. Параметры этих цепей выбраны такими, чтобы получить оптимальные частоты генерации: 6—8 (вибрато) и 10—12 Гц (тремоло) при синусоидальной форме сигнала.

Для устранения влияния на работу генераторов отрицательной обратной связи, возникающей из-за сравнительно малого сопротивления резисторов смещения

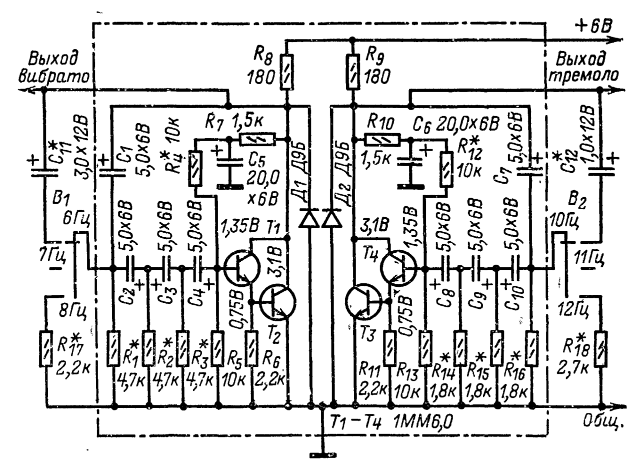


Рис. 3-38. Принципиальная схема блока.

R_4, R_7 и R_{10}, R_{12}, цепи смещения развязаны по переменному току конденсаторами C_5 и C_6.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ предназначены для защиты транзисторов и электролитических конденсаторов при ошибочном подключении обратной полярностью источника питания.

Частота генерации обоих генераторов может изменяться подключением (переключателями B_1 и B_2) к элементам фазосдвигающих цепей дополнительных резисторов R_{17}, R_{18} и конденсаторов C_{11}, C_{12}. Если изменения частоты не требуется, эти детали можно изъять.

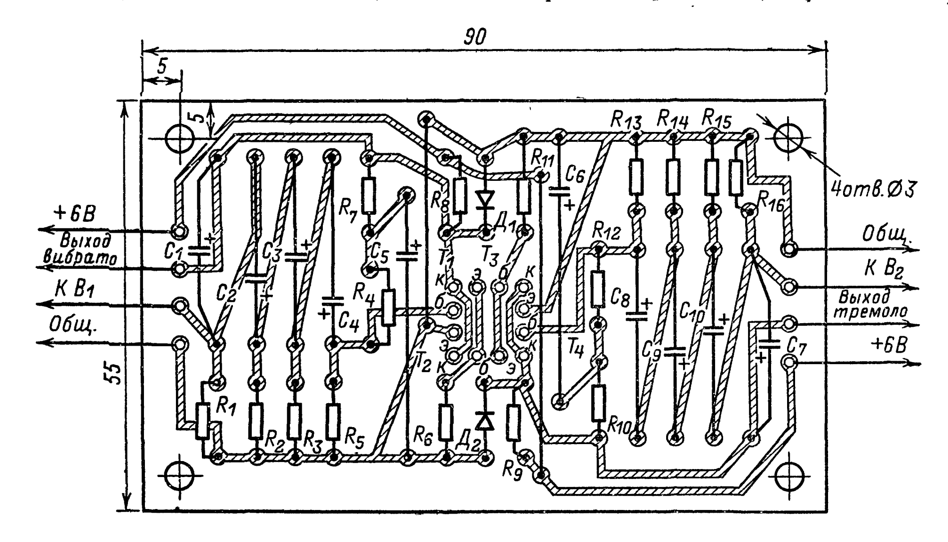


Рис. 3-39. Печатная плата.

Оба генератора размещены на печатной плате, чертеж которой приведен на рис. 3-39. Плата разработана под резисторы МЛТ-0,125 и электролитические конденсаторы фирмы «Тесла».

Налаживание приставки начинают с проверки режимов транзисторов. Они не должны отличаться от указанных на схеме более чем на 20%. Для проверки необходимо использовать высокоомный электронный вольтметр (например, ВК7-4 или ему подобный).

Затем проверяют наличие генерации, измеряя напряжения на обоих выходах. При наличии генерации стрелка вольтметра должна колебаться. Если же генерация отсутствует, ее добиваются, подбирая резисторы R_4 или R_{12} (у неработающего генератора).

Если у радиолюбителя есть частотомер или осциллограф и звуковой генератор, проверяют частоты генераторов при всех положениях переключателей B_1 или B_2. С помощью осциллографа и звукового генератора частоту можно определить методом сравнения по фигурам Лиссажу. В случае необходимости частоты корректируют подбором конденсаторов C_1—C_4 или C_7—C_{10} (грубо) и резисторов R_1—R_3 или R_{14}—R_{16} (точно). При этом необходимо одинаково изменять номиналы сразу всех элементов (конденсаторов или резисторов), входящих в данную фазосдвигающую цепь.

Если окажется, что амплитуда генераторов недостаточна для модуляции сигнала ЭМИ с необходимой глубиной, описанный блок можно дополнить одним-двумя каскадами усилителей напряжения.

ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНАЯ ПРИСТАВКА

Одной из проблем, которую приходится решать конструкторам цветомузыкальных установок, является регулирование интенсивности источников света. Чаще всего радиолюбители применяют электрические лампы накаливания и изменяют интенсивность их свечения регулированием напряжения (или тока) питания. Однако такой способ нельзя признать удачным прежде всего потому, что при изменении температуры нити изменяется спектральный состав излучаемого ею света (спектр сдвигается в сторону красной и инфракрасной частей). Совместное изменение как интенсивности света, так и его оттенка обычно снижает эмоциональное воздействие на зрителя. Кроме того, в установках средней и большой мощности для плавного регулирования напряжения приходится использовать довольно сложные устройства на тиристорах, транзисторах, магнитных усилителях и т. п.

Более перспективно, по-видимому, другое решение: изменение интенсивности светового потока перекрытием его части светонепроницаемыми шторками. При этом оба недостатка, присущих методу регулирования питающего напряжения, устраняются. Кроме того, в этом случае появляется возможность использования источников света другого типа (например, электролюминесцентных ламп), регулировать интенсивность которых изменением напряжения невозможно.

На этом принципе основана цветомузыкальная приставка, разработанная радиолюбителями Л. Бруснецовым и В. Гусевым из Новочеркасска. Принцип ее дей-

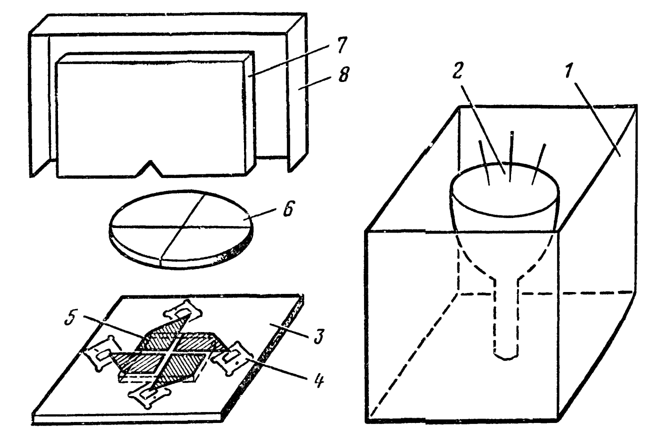


Рис. 3-40. Конструкция цветомузыкальной приставки.

1 — корпус; *2* — источник света; *3* — панель; *4* — магнитоэлектрический стрелочный прибор; *5* — флажок; *6* — светофильтр; *7* — экран-светорассеиватель; *8* — зеркальный отражатель.

ствия поясняется рис. 3-40. Приставка состоит из корпуса *1* размерами 240×240×200 мм, в нижней части которого установлен источник света *2* (фотолампа мощностью 60 Вт). Над ним прикреплена панель *3* с четырьмя магнитоэлектрическими стрелочными приборами *4*. К стрелкам приборов приклеены флажки *5* из алюминиевой фольги. Флажки перекрывают часть све-

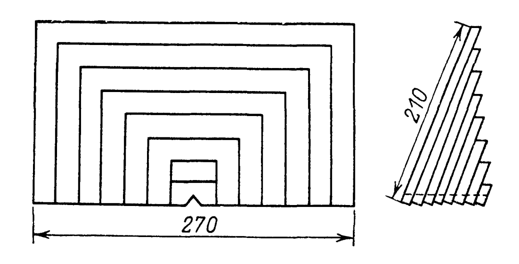


Рис. 3-41. Конструкция экрана-светорассеивателя.

Низкочастотный сигнал от источника звука (магнитофона, приемника и т. п.) амплитудой 10—15 В поступает на базу транзистора T_1. К его коллектору подключены четыре RC-фильтра: $R_5R_6C_3C_4$, $R_{10}R_{11}C_5C_6$, $R_{14}C_7$—C_9 и $R_{18}C_{10}$—C_{12}, выделяющих соответствующие полосы частот.

На транзисторах T_2—T_5 собраны по одинаковым схемам усилители мощности. Их коллекторные токи протекают через рамки магнитоэлектрических приборов $ИП_1$—$ИП_4$. Постоянные составляющие коллекторных токов вызывают отклонение флажков на углы, пропорциональные амплитудам сигналов.

Кроме режима автоматического цветового сопровождения звука в конструкции предусмотрено ручное управление. Для этой цели служит дистанционный пульт, подключаемый к разъему $Ш_1$ электронного блока.

При подключении пульта транзистор T_6 открывается и срабатывают реле P_1—P_4. Реле своими контактами P_1^1 — P_4^1 отключают подстроечные резисторы R_8, R_{12}, R_{16}, R_{20} и подключают резисторы пульта R_{25}—R_{28}. Перемещая их движки, можно корректировать цветовую

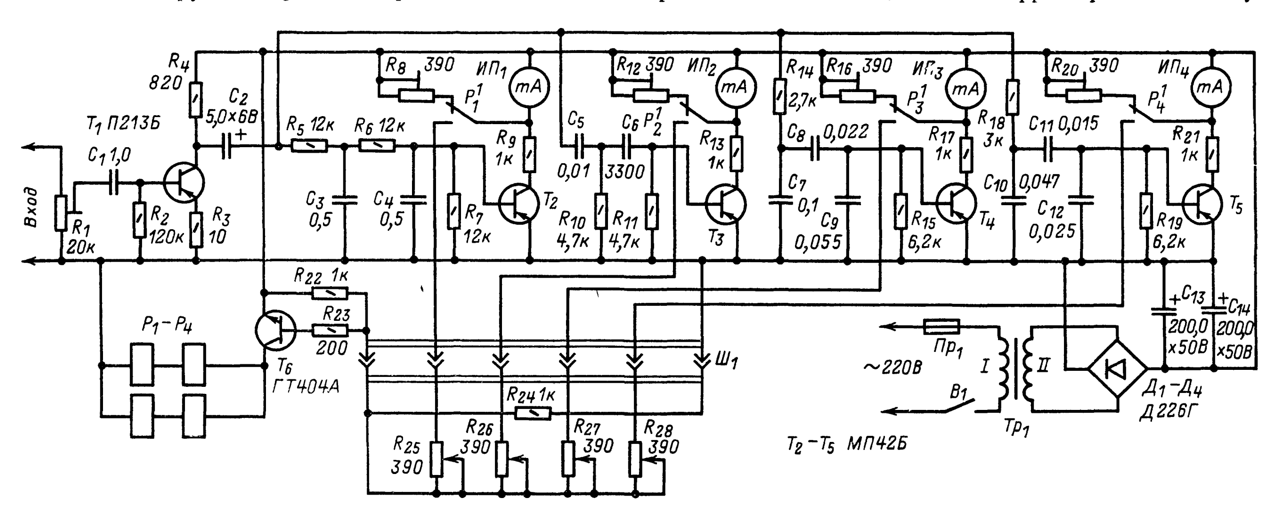


Рис. 3-42. Принципиальная схема электрической части приставки.

тового потока, уменьшая его интенсивность. Положение флажков зависит от тока, протекающего через рамку прибора.

Над флажками (или под ними — в зависимости от конструкции) установлены светофильтры *6*, формирующие четыре цветовых канала. Комбинация цветов может быть самой разнообразной. Она зависит как от вкуса зрителя, так и от характера сопровождаемого цветом музыкального произведения. Поэтому здесь перед радиолюбителем-конструктором открывается широкое поле для творчества. Возможно даже составление комбинированного светофильтра из полос разных цветов, чтобы при перемещении флажка менялась не только интенсивность, но и цветовая гамма света.

Четыре раздельных цветовых канала затем объединяются, образуя общий рисунок цвета. Для этого служит экран-светорассеиватель *7*, состоящий из семи-восьми наклонных прозрачных пластин, на торцы которых падает свет (рис. 3-41). Пластины могут быть выполнены из обычного или органического стекла (последнее легче поддается механической обработке). С тыльной стороны экран-светорассеиватель закрыт зеркальным отражателем *8*.

Для управления положением флажков служит электронный блок, принципиальная схема которого приведена на рис. 3-42. Блок также служит для частотного разделения сигнала на четыре канала.

гамму при автоматическом сопровождении звука либо перейти полностью на ручное управление и создавать цветовую композицию самому.

Подключая параллельно резисторам R_{25}—R_{28} конденсаторы разной емкости, можно при желании увеличивать инерционность системы управления.

Конструкция приставки зависит от вкусов радиолюбителя и назначения, а также от мощности источников света. Корпус приставки может быть изготовлен из дерева (фанеры), пластмассы или металла. Необходимо предусмотреть теплоотвод: естественный — через вентиляционные отверстия, щели, жалюзи, выполненные так, чтобы сквозь них не проникал свет, или принудительный — с помощью вентилятора.

Электронный блок собирают на плате, которую размещают в нижней, наиболее холодной части приставки на стойках или уголках. Верхнюю панель необходимо сделать съемной (или откидывающейся на петлях), чтобы обеспечить возможность ремонта и замены деталей блока и источника света. Подстроечные резисторы R_8, R_{12}, R_{16}, R_{20} размещают на верхней панели.

Один из возможных вариантов панели показан на рис. 3-43. Квадратное отверстие в центре панели — это окно, сквозь которое проходит световой поток; отверстия диаметром 57 мм предназначены для установки магнитоэлектрических приборов, отверстия диаметром 6 мм — для установки подстроечных резисторов R_8, R_{12},

R_{16}, R_{20}. Каждый флажок в этом случае может перекрывать четвертую часть окна (на рис. 3-40 эти части заштрихованы), закрытую светофильтром «своего» цвета.

Магнитоэлектрические приборы могут быть миллиамперметрами любого типа (например, М4202) с током полного отклонения стрелки 1—5 мА. Стекло, закрывающее шкалу прибора, удаляют, стрелку изгибают так, чтобы ее конец выходил из корпуса прибора, и к концу

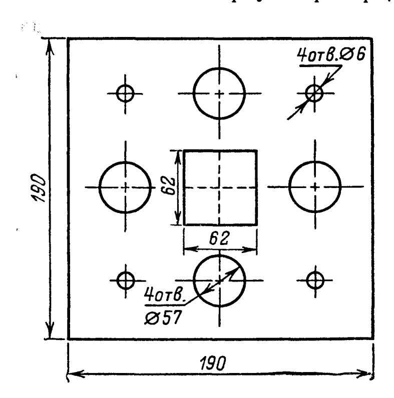


Рис. 3-43. Чертеж панели приставки.

клеем БФ-2 приклеивают флажок из тонкой фольги. Для придания флажку жесткости его края отгибают под углом 90°. При установке прибора на панель следует проверить, не будет ли флажок отклоняться от своего положения потоком теплого воздуха от источника света. Флажки должны перемещаться в одной плоскости, не соприкасаясь друг с другом. В исходном (обесточенном) положении они должны полностью, без щелей, перекрывать световой поток. Крайние положения флажков фиксируют ограничителями, установленными на верхней панели.

В окне панели (если радиолюбитель применит вариант, показанный на рис. 3-43) укрепляют две взаимно перпендикулярные перегородки, образующие четыре квадратных отсека. На эти отсеки можно наложить светофильтры (тогда они будут под флажками) из цветных стекол, например, применяемых в фотографии.

Если экран-светорассеиватель изготавливают из органического стекла, пластины вырезают не резаком, а нагретым нихромовым проводом. Это необходимо для того, чтобы торцы пластин были прозрачными. Срез может быть не обязательно прямолинейным — волнистый срез даже улучшает светорассеяние. Для улучшения же светорассеяния в нижней части пластин вырезают треугольный паз. С трех сторон (кроме нижней) пластины следует обрезать под углом 25—30° к плоскости, нижний срез должен быть сделан под углом 90°.

Толщина пластин может колебаться в пределах от 6 до 12 мм. Чем тоньше пластины, тем больше их должно быть в пакете. Ориентировочные размеры пластин таковы: наибольшая пластина 270×210 мм, наименьшая 30×40 мм (первое число — ширина, второе — высота). В пакет пластины собирают с помощью двух боковых планок из органического стекла, приклеенных к торцам пластин, и продольной планки, вклеенной в пропил внизу пакета.

Отражатель делают из листового металла, согнутого так, чтобы он закрывал все стороны (кроме, естественно, передней) экрана-рассеивателя. На его внутренние поверхности наклеивают пластины из зеркального стекла либо полируют сам металл до зеркального блеска.

Типы деталей, применяемых в электронном блоке, некритичны. Постоянные резисторы могут быть типа МЛТ-0,25, конденсаторы — БМ и МБМ, переменные и подстроечные резисторы — СПО-0,5. Конденсатор C_9 состоит из двух конденсаторов емкостью 0,033 и 0,022 мкФ, включенных параллельно.

Реле P_1—P_4 РЭС-10, паспорт РС4.524.303. Трансформатор Tp_1 — переделанный дроссель фильтра от телевизора «Рубин-102». Имеющаяся обмотка используется как первичная (сетевая), а поверх ее намотана вторичная обмотка проводом ПЭВ-1 0,5. Число витков составляет 130—150. Вместо самодельного трансформатора можно использовать любой готовый мощностью более 5 Вт, обеспечивающий выпрямленное напряжение 15—20 В.

Налаживание электронного блока приставки сводится к регулировке подстроечных резисторов для того, чтобы получить желаемые углы перемещения флажков.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

ТРАНЗИСТОРНО-ЛАМПОВЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТРАНСИВЕР

Этот трансивер создан радиолюбителем из Подмосковья Л. Моторовым (*UA3DGN*) и по замыслу автора он предназначен для использования на любительских радиостанциях второй и первой (для работы на QRP) категорий. Трансивер может работать SSB сигналом на любительских диапазонах 3,5; 7; 14 и 21 МГц, а также на участке 28,5—29 МГц диапазона 28 МГц. Чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум 10 дБ и полосе пропускания 3 кГц не хуже 2 мкВ, мощность передатчика 40 Вт. Избирательность по соседнему каналу и подавление нерабочей боковой полосы, определяемые примененным электромеханическим фильтром, составляют 40 дБ. Уход частоты после часового прогрева не превышает 50 Гц в течение часа.

Достоинствами трансивера являются относительная несложность и применение широко распространенных деталей. В нем использованы 19 транзисторов, 24 полупроводниковых диода и две радиолампы.

Структурная схема трансивера приведена на рис. 4-1. *Она построена по хорошо зарекомендовавшему* себя принципу формирования сигнала с двойным преобразованием частоты и переменной первой ПЧ, равной 6—6,5 МГц (аналогичным образом выполнен, например, популярный трансивер конструкции *UW3DI*). В режиме приема сигнал из антенны поступает на усилитель ВЧ *1*, затем через полосовой диапазонный фильтр *2* подается на первый смеситель *3*, смешиваясь в котором с сигналом кварцевого диапазонного гетеродина *4*, образует сигнал первой ПЧ, равной 6—6,5 МГц. Этот сигнал проходит через фильтр сосредоточенной селекции (ФСС) *5* и, смешиваясь во втором смесителе *6* с сигналом частотой 5,5—6 МГц гетеродина плавного диапазона (ГПД) *7*, превращается в сигнал второй ПЧ, равной 500 кГц. Сигнал второй ПЧ отфильтровывается электромеханическим фильтром (ЭМФ) *8*, усиливается усилителем ПЧ *9*, детектируется смесительным детектором *10* с опорным гетеродином *11* и окончательно усиливается усилителем НЧ *12*.

В режиме передачи сигнал от микрофона усилива-

ется усилителем НЧ *13* и подается на балансный модулятор *14*, в котором модулирует сигнал опорной частоты. После усиления в усилителе первой ПЧ *15* полученный DSB сигнал проходит через ЭМФ *8*, выделяющий из него верхнюю боковую полосу. Далее сигнал усиливается в ПЧ *9* и смешивается в смесителе *16* с сигналом ГПД *7*, затем проходит через ФСС *5*, смешивается в смесителе *17* с сигналом диапазонного гетеродина *4*, фильтруется полосовым фильтром *2* и усиливается усилителями ВЧ напряжения *18* и мощности *19*.

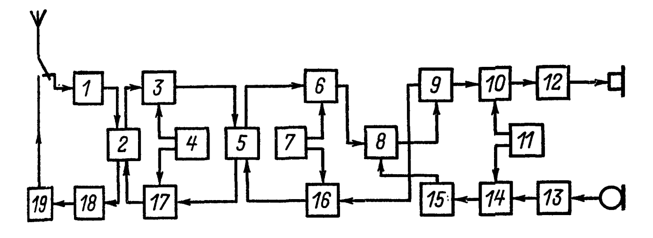


Рис. 4-1. Структурная схема трансивера.

В трансивере не предусмотрена работа в режиме CW, однако телеграфный сигнал можно легко получить одним из известных способов: добавив, например, перестраиваемый в небольших пределах *LC*-генератор опорной частоты либо разбалансировав балансный модулятор. Манипулировать лучше всего усилитель *15*.

Принципиальная схема трансивера приведена на рис. 4-2. Усилитель ВЧ приемника двухкаскадный. Он собран на биполярных транзисторах T_1 (эмиттерном повторителе) и T_2, включенном по схеме с общим эмиттером. Вообще говоря, такое выполнение усилителя ВЧ не является оптимальным; избыток усиления снижает реальную чувствительность приемника, что отрицательно скажется в условиях помех. Поэтому при повторении трансивера можно вместо биполярных транзисторов использовать полевые транзисторы или, в крайнем случае, радиолампы.

На входе усилителя ВЧ включен одиночный контур L_1C_1, резонансная частота которого изменяется в зависимости от диапазона параллельным подключением конденсатора C_3, C_4 или катушек L_2—L_4. Для согласования высокого сопротивления контура с 75-омным фидером применено автотрансформаторное включение катушки L_1. Как показала практика, избирательность, обеспечиваемая подобным контуром, оказывается невысокой. Контур L_1C_1 не защищает и от проникновения сигналов с частотой, равной первой ПЧ (особенно этот недостаток проявляется на диапазоне 7 МГц). Поэтому желательно входной контур приемника выполнить по более сложной схеме из двух-трех слабо связанных резонансных контуров (наподобие включенного в коллекторную цепь транзистора T_2 полосового фильтра), а для защиты от сигналов, близких по частоте к промежуточной, включить фильтр-пробку или режекторный контур.

Нагрузкой усилителя ВЧ служит полосовой фильтр, в который входят (в зависимости от диапазона, определяемого положением переключателя B_1) катушки L_5—L_{14} и конденсаторы C_9—C_{23}. При переходе с приема на передачу и обратно (для этого служит переключатель B_2, рис. 4-2, *в*) фильтр коммутируется контактами реле P_1^1 и P_2^1.

Первый смеситель приемника выполнен на транзисторе T_3. Принимаемый сигнал подается на его базу, сигнал гетеродина (гетеродин выполнен на транзисторе T_{10} и кварцевых резонаторах $Пэ_1$—$Пэ_5$) — на эмиттер. В цепь коллектора смесителя включен перестраиваемый в полосе 6—6,5 МГц ФСС на катушках L_{15}, L_{16} и конденсаторах C_{25}—C_{31}.

Второй смеситель приемника выполнен на транзисторе T_4, включенном по аналогичной схеме. Гетеродин плавного диапазона собран на транзисторе T_{11}. Связь его контура $L_{17}C_{57}C_{58}$ с транзистором T_4 индуктивная.

Усилитель ПЧ приемника — двухкаскадный, на транзисторах T_5 и T_6. Его схема особенностей не имеет. В смесительном детекторе использован транзистор T_7. На его базу подается сигнал ПЧ, на эмиттер — напряжение с гетеродина на транзисторе T_{12} и кварцевом резонаторе $Пэ_6$. Усилитель НЧ приемника — обычного типа, на транзисторах T_8, T_9. Нагрузкой последнего каскада усилителя служит трансформатор $Тр_1$.

Усилитель НЧ передатчика собран на транзисторах T_{18} и T_{19}, балансный модулятор — на диодах $Д_3$, $Д_4$. Нагрузкой балансного модулятора служит ВЧ трансформатор, образованный индуктивно связанными катушками L_{21} и L_{22}.

В усилителе ПЧ передатчика использован транзистор T_{17}, в первом смесителе — T_{16}, во втором — T_{15}.

Полностью сформированный SSB сигнал с частотой выбранного диапазона усиливается вначале двухкаскадным апериодическим усилителем на транзисторах T_{13} и T_{14}, затем усилителем на лампе $Л_2$. В качестве усилителя мощности использована лампа $Л_1$.

Трансивер собран на шасси размерами 300×230 мм, к которому прикреплена вертикальная передняя панель

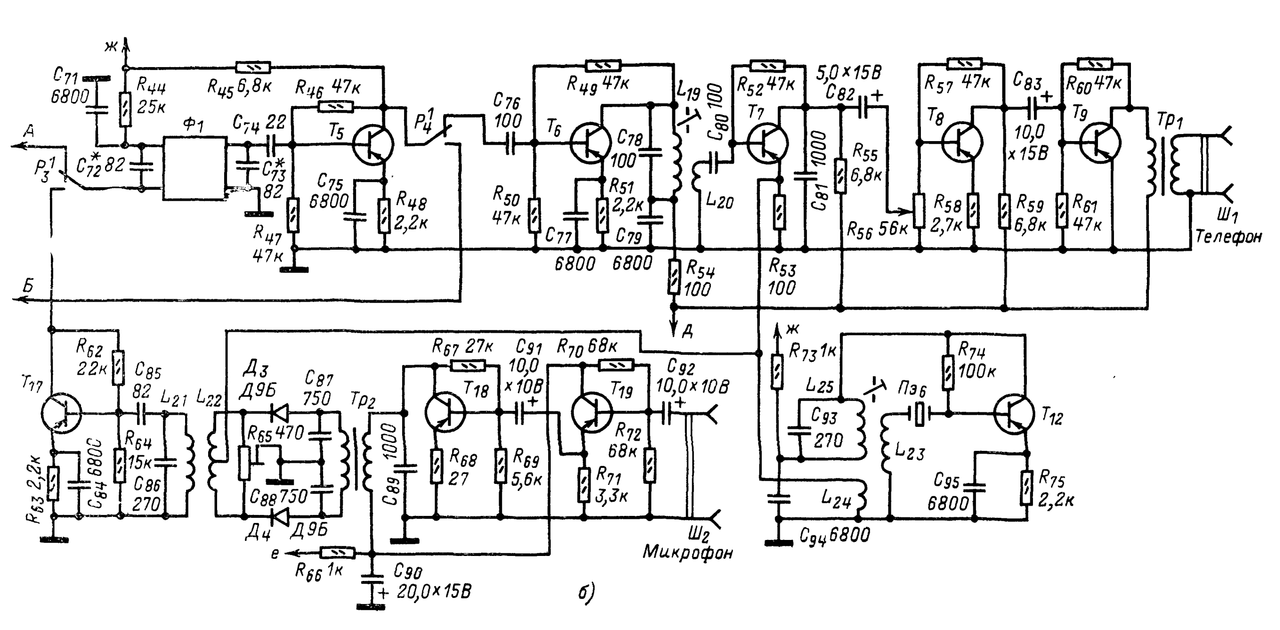
Таблица 4-1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Длина намотки, мм	Примечание
L_1	30	ПЭЛ 0,51	30	Отвод от 4-го витка
L_2	10	ПЭЛ 0,51	5	—
L_3	12	ПЭЛ 0,51	6	—
L_4	16	ПЭЛ 0,51	8	—
L_5, L_6,	8	ПЭЛ 0,51	10	Отвод от 3-го витка
L_7, L_8	8	ПЭЛ 0,51	10	Отвод от 3-го витка
L_9, L_{10}	10	ПЭЛ 0,51	12	Отвод от 4-го витка
L_{11}, L_{12}	16	ПЭЛ 0,25	8	Отвод от 5-го витка
L_{13}, L_{14}	25	ПЭЛ 0,1	5	Отвод от 8-го витка
L_{15}, L_{16}	13	ПЭЛШО 0,17	5	Отвод от 4-го витка
L_{17}	20	ПЭЛ 0,12	8	—
L_{18}	5	ПЭЛ 0,12	—	На одном каркасе с L_{17}
L_{19}	120	ПЭЛ 0,1	—	—
L_{20}	60	ПЭЛ 0,1	—	На одном каркасе с L_{19}
L_{21}	120	ПЭЛ 0,1	—	—
L_{22}	60	ПЭЛ 0,1	—	Отвод от середины, на одном каркасе с L_{21}
L_{23}	120	ПЭЛ 0,1	—	—
L_{24}	20	ПЭЛ 0,1	—	На одном каркасе с L_{23}
L_{25}	120	ПЭЛ 0,1	—	На одном каркасе с L_{23}
L_{26}	35	ПЭЛ 0,1	10	—
L_{27}	25	ПЭЛ 0,1	8	—
L_{28}	16	ПЭЛ 0,25	8	—
L_{29}	12	ПЭЛ 0,51	12	—
L_{30}	10	ПЭЛ 0,51	10	—
L_{31}	12	Посеребренный, 2,5 мм	60	Отводы от 5-го и 8-го витков
L_{32}	20	ПЭЛ 0,25	90	Отвод от середины
L_{33}	18	ПЭЛ 0,25	12	Отвод от 6-го витка

а)

$T_1-T_4, T_{10}, T_{13}-T_{15}$ – П403; $T_5, T_6, T_{11}, T_{12}, T_{16}, T_{17}$ – П401; T_7-T_9, T_{18}, T_{19} – МП40

$Л_1$ – ГУ-29; $Л_2$ – 6Ж5Б



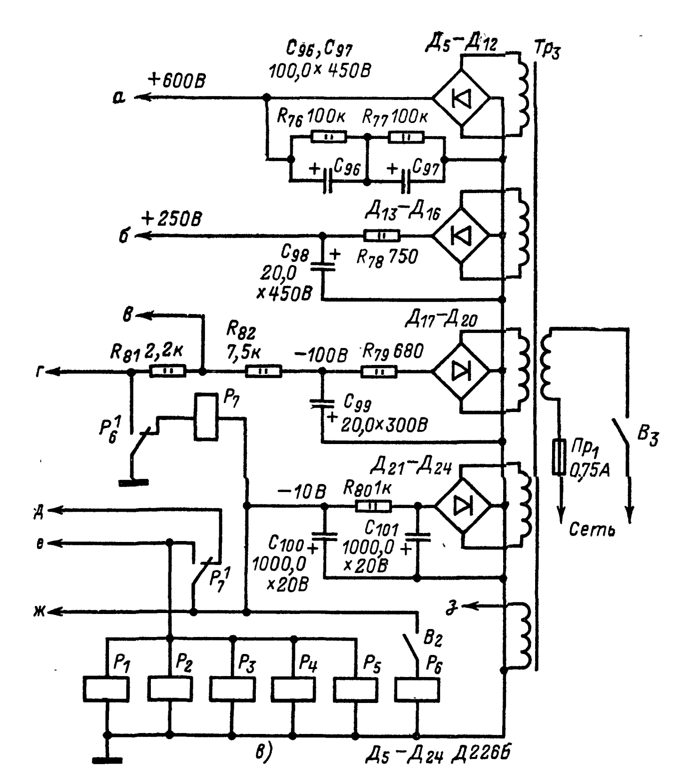


Рис. 4-2. Принципиальная схема трансивера.

размерами 300×100 мм (рис. 4-3). Усилитель мощности находится в отсеке, отделенном от остальных каскадов экранирующей перегородкой.

На переднюю панель выведены оси органов управления (двух переключателей — диапазонов и перехода с приема на передачу, конденсаторов настройки и подстройки приемника и передатчика), выключатель питания, гнездо для включения микрофона, измерительный прибор. Гнезда для подключения телефонов и антенны, шнур питания и предохранитель находятся на задней стенке горизонтального шасси.

Транзисторные каскады трансивера собраны на пяти монтажных платах навесным монтажом.

Детали, примененные в трансивере, — широко распространенные либо самодельные. Типы большинства деталей некритичны. Резисторы могут быть МЛТ-0,125 (кроме более мощных в ламповых каскадах и выпрямителе), конденсаторы постоянной емкости — КЛМ, КТК, КСО, подстроечные — КПК, блокировочные МБМ, электролитические — К50-6, ЭМ и т. п. Строенный блок конденсаторов переменной емкости C_{27}, C_{29}, C_{58} от любого вещательного радиоприемника. Реле P_1—P_4 РЭС-15 (паспорт РС4.591.003), P_5 — антенное от радиостанции РСБ-5, P_6, P_7 — РСМ-2 (паспорт Ю171.81.56).

Измерительный прибор $ИП_1$ — миллиамперметр М4200 с током полного отклонения 150 мА. Переключатель *В1* галетный, с фарфоровыми галетами и удлиненной осью, остальные переключатели — тумблеры любых типов.

Кварцы $Пэ_1$—$Пэ_5$ должны обеспечивать получение частот соответственно 10; 13,5; 8; 15 и 22,5 МГц (на первой или нечетной механической гармонике), кварц $Пэ_6$ — частоты 500 кГц. Электромеханический фильтр — ЭМФ-9Д-500-3В.

Катушки намотаны в один ряд на каркасах диаметром 10 (L_1, L_{17}, L_{18}), 30 (L_{31}) и 6 мм (L_2—L_6, L_{26}—L_{30}, L_{33}). Катушка L_{32} — бескаркасная, ее внешний диаметр равен 30 мм. Катушки L_{19}—L_{25} намотаны внавал в броневых сердечниках СБ-12а. В качестве подстроечников у катушек, намотанных на каркасах диаметром 6 мм, применены сердечники СЦР-1. Намоточные данные катушек приведены в табл. 4-1. Отводы указаны, считая от заземленного вывода катушки (у L_{31} — слева по схеме).

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ выполнены на магнитопроводах Ш4×8 мм, их первичные обмотки содержат по 1400 витков, вторичные 1000 у $Тр_1$ и 1400 у $Тр_2$. Все обмотки намотаны проводом ПЭВ-2 0,1.

В сетевом трансформаторе $Тр_3$ применен магнитопровод Ш30×50 мм (можно применить также ШЛ25×50 мм). Обмотка *I* содержит 560 витков провода ПЭВ-2 0,8; *II* — 1450 витков провода ПЭВ-2 0,27; *III* — 550 витков провода ПЭВ-2 0,17; *IV* — 250 витков того же провода; *V* — 18 витков провода ПЭВ-2 1,0 и *VI* — 18 витков (с отводом от середины) провода ПЭВ-2 0,31.

Налаживание трансивера, как обычно, начинают с проверки правильности монтажа.

Убедившись в отсутствии неисправных деталей, приступают к налаживанию приемной части трансивера. Вначале на базу транзистора T_7 подают НЧ сигнал амплитудой около 0,1 В (от звукового генератора, трансляционной радиосети и т. п.). В головных телефонах должен быть слышен громкий неискаженный звук, что свидетельствует о правильной работе усилителя НЧ. Следует убедиться, что опорный гетеродин обеспечивает ВЧ напряжение (с частотой 500 кГц). Для этого подключают ВЧ вольтметр к эмиттеру транзистора T_7. Он должен показывать напряжение не менее 1,5—2 В. При вынимании кварца из панельки это напряжение должно исчезать. В противном случае имеет место самовозбуждение каскада, которое можно устранить, уменьшив число витков катушки L_{23} или заменив транзистор T_{12} другим, с меньшим коэффициентом передачи тока.

Работу второго смесителя приемника проверяют, подавая сигнал частотой около 500 кГц (от сигнал-генератора) и амплитудой 1 В на коллектор транзистора T_6. При приближении частоты генератора к частоте опорного гетеродина в телефонах должен появляться НЧ сигнал, тон которого изменяется с изменением настройки генератора.

Подав сигнал частотой 500 кГц на базу транзистора T_8, настраивают в резонанс контур $L_{19}C_{78}$ по максимуму сигнала в телефонах (либо по максимуму показаний вольтметра переменного тока, подключенного ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$).

На следующем этапе настройки подбирают конденсаторы C_{72} и C_{73} так, чтобы получить на частоте

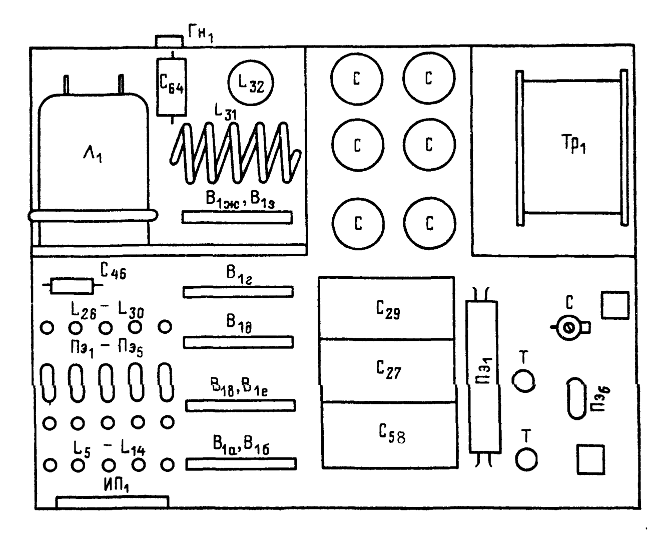


Рис. 4-3. Расположение деталей на шасси трансивера.

500 кГц резонанс контуров, образованных этими конденсаторами и катушками ЭМФ. Момент резонанса определяют по возрастанию сигнала на выходе приемника.

Затем проверяют работу ГПД и устанавливают его частоту, которая должна перестраиваться от 5,5 до 6 МГц. Желательно убедиться в отсутствии искажений синусоидального сигнала, просмотрев его форму на осциллографе. Для установки частоты можно использовать частотомер либо градуированный контрольный приемник.

Стабильность работы гетеродина проверяют, нагревая его детали поднесенным на расстояние 5—10 см паяльником. В случае необходимости применяют термокомпенсацию, включая параллельно катушке L_{17} конденсаторы с разными ТКЕ. После того как конденсаторы будут подобраны, вновь устанавливают частоту гетеродина, вращая подстроечный сердечник катушки L_{17}.

Затем настраивают полосовой диапазонный ФСС, подавая на базу транзистора сигнал от ГСС частотой 6—6,5 МГц и амплитудой 0,5—1 В. Кварцевый гетеродин на транзисторе T_{10} при этом должен быть выключен. После включения кварцевого гетеродина проверяют наличие генерации на основных частотах кварцев (либо на требуемых механических гармониках). Частоту определяют частотомером либо с помощью контрольного приемника. Если на каком-то из диапазонов генерация не возникает, подбирают конденсатор, включенный параллельно катушке L_{33} (в процессе налаживания удобнее вместо постоянных конденсаторов временно подключать подстроечные).

На заключительном этапе налаживания приемника контуры диапазонного ФСС и входной контур настраивают в резонанс на середине каждого из диапазонов. При этом сигнал от ГСС подают на вход приемника и амплитуду сигнала уменьшают по мере приближения к резонансу.

Передающую часть трансивера налаживают, начиная с усилителя НЧ. Весьма желательно снять частотную характеристику усилителя и убедиться в отсутствии нелинейных искажений. Для этой цели можно использовать звуковой генератор и осциллограф. Частотная характеристика должна иметь завал на частотах ниже 300 Гц и выше 3 кГц. Кроме того, для улучшения избираемости сигнала в условиях помех желательно добиться, чтобы характеристика имела подъем на высоких частотах. Добиться такого подъема можно подбором разделительных конденсаторов усилителя НЧ.

При отсутствии осциллографа можно проверить работу усилителя НЧ на слух. Нелинейные искажения при этом будут проявляться в виде хрипов.

Добившись получения неискаженного НЧ сигнала, балансируют балансный модулятор. Для этого в отсутствие модуляции измеряют ВЧ вольтметром напряжение на коллекторе транзистора T_{17} и, вращая ось резистора R_{65}, добиваются минимума показаний.

Достаточно ответственной операцией является установка частоты опорного кварцевого генератора. От нее зависит качество сформированного SSB сигнала. Если частота кварца установлена слишком близко к полосе пропускания ЭМФ, в сигнале преобладают низкие частоты спектра, речь становится бубнящей, неразборчивой; при установке частоты кварца слишком далеко спектр сужается, сигнал приобретает неприятный, «звенящий» тембр. Правильно установленная частота кварца должна быть на 200—300 Гц ниже среза полосы пропускания ЭМФ. Проще всего это сделать, прослушивая свой SSB сигнал на контрольном приемнике и добиваясь естественного звучания голоса. Если приемник не имеет диапазона, в который входит частота 500 кГц, можно отложить операцию установки частоты до того момента, когда будет получен SSB сигнал с частотой 6—6,5 МГц или даже сигнал в пределах любительских диапазонов. Другими словами, установкой частоты опорного кварца можно завершить налаживание трансивера.

Изменять частоту кварца можно любым из рекомендованных способов (о них неоднократно говорилось на страницах журнала «Радио»). Если не требуется изменять частоту в широких пределах, то проще всего понижать ее нанесением карандашных штрихов на пластину, а повышать — подтиранием серебряного покрытия «чернильной» резинкой.

Дальнейшее налаживание сводится к настройке контуров усилителей ВЧ передатчика в резонанс на средних частотах диапазонов и установке уровней возбуждения (например, подбором переходных конденсаторов). Лучше всего использовать при этом двухтоновый метод проверки качества SSB сигнала.

Иногда оказывается, что ламповый оконечный каскад передатчика самовозбуждается. С этим явлением необходимо бороться и не допускать выхода в эфир передатчика с подобным дефектом. В качестве мер по борьбе с самовозбуждением можно рекомендовать увеличение сопротивлений резисторов, включенных в цепи сеток и анодов лампы $Л_2$ и нейтрализацию ее проходной емкости (аналогично примененной в трансивере конструкции *UW3DI*).

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПЕРЕДАТЧИК НА 28 МГц

Отличительная особенность передатчика, сконструированного москвичом В. Поляковым (*RA3AAE*), состоит в том, что он выполнен на транзисторах. На транзисторе собран и усилитель мощности достаточно высокочастотных колебаний (28 МГц), что в радиолюбительской практике встречается редко. Поэтому конструкция В. Полякова представляет несомненный интерес, тем более что в ней использованы недефицитные детали.

Принципиальная схема передатчика приведена на рис. 4-4. Он содержит шесть каскадов (задающий генератор, буферный каскад, удвоитель частоты, трехкаскадный усилитель ВЧ). В передатчике предусмотрены два режима работы: телеграфный и телефонный с амплитудной модуляцией. В этих режимах мощность, подводимая к оконечному каскаду, составляет соответственно 20 и 5 Вт.

Задающий генератор собран на транзисторе T_1 по хорошо себя зарекомендовавшей в любительских конструкциях схеме «Тесла». Он генерирует частоты от 14 до 14,85 МГц. Требуемая стабильность частоты достигается применением слабой связи контура с транзистором. Для этого емкость конденсаторов C_1 и C_6 выбрана достаточно большой. К тому же большая емкость контура уменьшает влияние нестабильных емкостей *p-n* переходов транзистора на частоту колебаний.

Буферный каскад на транзисторе T_2 необходим для развязки генератора от последующих каскадов. Он служит также усилителем ВЧ сигнала. Такое усиление необходимо ввиду того, что после удвоения частоты следующим каскадом амплитуда сигнала уменьшается.

Удвоитель частоты собран на транзисторе T_3 по несколько непривычной схеме: на базу транзистора не подается напряжения смещения. Поэтому транзистор работает в режиме Б (с отсечкой). Амплитуда напряжения второй гармоники, выделенного на контуре L_3C_{13}, оказывается в этом случае наибольшей.

С катушки связи L_4 сигнал с частотой 28—29,7 МГц усиливается усилителем на транзисторах T_4 — T_6. Все три каскада включены по схеме с общим эмиттером, связь между ними индуктивная. Так как в усилителе применены транзисторы обратной проводимости, удалось соединить их коллекторы непосредственно с общим проводом. Это оказалось очень удобным: транзисторы можно смонтировать на шасси, выполняющем роль общего радиатора. Индуктивная же связь позволила подавить напряжение возбуждения между базой и эмиттером.

Напряжение смещения обеспечивается делителями напряжения, включенными в базовые цепи.

На выходе передатчика включен П-образный контур $L_9C_{24}C_{25}$. Поскольку передатчик рассчитан на один диа-

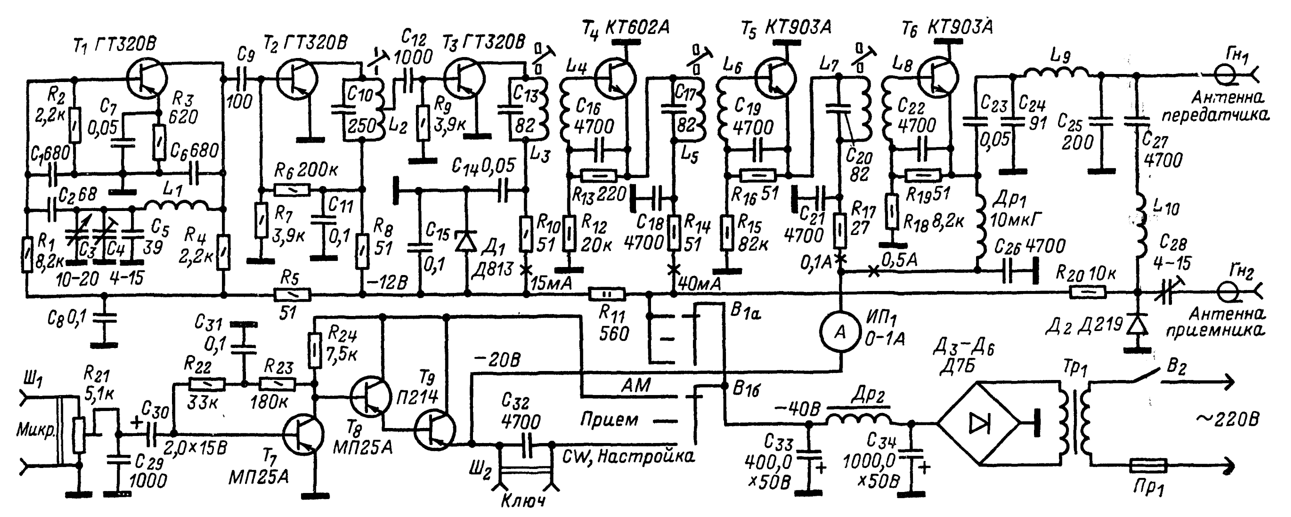


Рис. 4-4. Принципиальная схема передатчика на 28 МГц.

пазон, в контуре применены постоянные конденсаторы. При переходе с приема на передачу и обратно общая антенна радиостанции коммутируется электронным переключателем на диоде $Д_2$, катушке L_{10} и конденсаторах C_{27}, C_{28}. В режиме передачи (переключатель B_1 в одном из двух крайних положений) диод $Д_2$ открывается током, протекающим через резистор R_{20}, и вход приемника оказывается замкнутым. В режиме приема при малых сигналах, поступающих из антенны, сопротивление диода будет велико, и сигнал через последовательный контур $L_{10}C_{28}$, настроенный на середину диапазона, беспрепятственно пройдет на вход приемника.

В телеграфном режиме передатчик манипулируется подачей напряжения питания на оконечный каскад. В телефонном режиме используется модулятор, в который входит усилительный каскад с общим эмиттером на транзисторе T_7 и составной эмиттерный повторитель T_8T_9. Усиление модулятора невелико — напряжение на входе должно составлять не менее 0,2 В; такое напряжение обеспечивает, например, угольный микрофон. При использовании же динамического микрофона необходимо применить дополнительный микрофонный усилитель. Модуляция в передатчике — коллекторная.

Для питания передатчика применен выпрямитель со сглаживающим фильтром на дросселе $Др_2$ и конденсаторах C_{33}, C_{34}. При желании фильтр может быть заменен транзисторным стабилизатором напряжения.

В передатчике применены недефицитные детали. Резисторы — МЛТ-0,25 и МЛТ-0,5, постоянные конденсаторы малой емкости — КТК, КЛМ или другие керамические, блокировочные конденсаторы — КСО или МБМ (последние надо применять осмотрительно, поскольку они обладают собственной индуктивностью, влияние которой может сказываться на этих частотах). Конденсаторы переменной емкости C_3 и C_4 — с воздушным диэлектриком, C_{28} — любого типа (например, КПВ, КПК).

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе диаметром 8 мм. Она содержит 17 витков провода ПЭЛ 0,7; намотана виток к витку с большим натяжением провода (можно применить и «горячую» намотку). Витки на каркасе должны быть жестко закреплены, в противном случае любая вибрация приведет к изменению генерируемой частоты. В качестве каркаса можно применить, например, корпус от вышедшего из строя конденсатора КБГ-И, удалив обкладки конденсатора и металлизацию на концах корпуса.

Катушки L_2 — L_8 намотаны на каркасах из полистирола, карболита и подобных изоляторов. Их диаметр 7,5 мм. Катушки подстраиваются сердечниками: L_2 — из магнитодиэлектрика (карбонильного железа или магнетита); L_3, L_5, L_7 — из латуни или меди. Диаметр сердечников 4—5 мм. Катушка L_2 имеет 10 витков (с отводом от середины) провода ПЭЛ 0,7; L_3, L_5, L_7 — по 7 витков провода ПЭЛ 1,0. Длина намотки 8 мм.

Катушки связи L_4, L_6, L_8 намотаны поверх соответствующих контурных катушек и выполнены проводом МГШВ 0,35; число витков этих катушек по 4.

Катушка L_9 — бескаркасная, намотана голым медным (лучше посеребренным) проводом диаметром 1—2 мм. Диаметр намотки 10—15 мм, число витков 4—5. Контур, в который входит катушка L_9, настраивают в резонанс, сжимая или растягивая ее витки. Катушка L_{10} выполнена на резисторе ВС-1 сопротивлением не менее 100 кОм. Она содержит 32 витка провода ПЭЛШО 0,27, намотка — виток к витку. На таком же каркасе можно намотать и ВЧ дроссель $Др_1$. Он должен быть намотан проводом ПЭЛШО 0,4—0,6 виток к витку по всей длине корпуса резистора. Можно взять и готовый дроссель с индуктивностью 10 мкГ, рассчитанный на ток до 1 А.

Трансформатор $Тр_1$ должен обеспечивать переменное напряжение 30—35 В при мощности не менее 40 Вт. Дроссель $Др_2$ — самодельный, выполнен на магнитопроводе Ш20×25, намотка — проводом ПЭЛ 0,5 до заполнения каркаса.

Передатчик смонтирован на шасси размерами 200×300 мм. Они выбраны как из соображений необходимости размещения деталей, так и из требований обеспечить достаточную теплоотводящую поверхность. Подвал шасси разделен на отсеки экранирующими перегородками (каждый ВЧ каскад в отдельном отсеке). Корпус транзистора T_9 должен быть изолирован от шасси, для этой цели использована тонкая (чтобы существенно не ухудшить теплоотвод) прокладка из слюды.

Налаживают передатчик покаскадно, не подавая напряжение питания на еще не налаженные каскады. Вначале проверяют работу задающего генератора. Если в монтаже не допущено ошибок и примененные детали исправны, генерация обычно возникает сразу. Необходимо лишь прослушать сигналы на контрольном приемнике и установить необходимый частотный диапазон подстроечным конденсатором C_4.

Дальнейшее налаживание заключается в настройке в резонанс на среднюю частоту диапазона контуров последующих каскадов. В качестве индикатора резонанса удобно использовать миллиамперметр, включаемый в коллекторную цепь следующего за настраиваемым контуром транзистора. В момент резонанса показания миллиамперметра будут максимальными.

Вначале настраивают контур L_2C_{10}, включив миллиамперметр в цепь коллектора транзистора T_3, затем контур L_3C_{13} и т. д., исключая пока контур $L_9C_{24}C_{25}$. Настраивать контуры можно как перемещением сердечников, так и подбором емкости контурного конденсатора (контуры имеют невысокую добротность, поэтому резонанс получается не очень острым).

Затем устанавливают начальные коллекторные токи транзисторов T_4—T_6 подбором резисторов в цепях баз. Эти токи должны составлять 5—10 мА при отсутствии высокочастотного сигнала (задающий генератор выключен). Затем подают возбуждение и вновь измеряют токи. Если токи превышают предельно допустимые значения, уменьшают емкость конденсатора C_9.

Для настройки оконечного каскада необходим эквивалент антенны — безындукционный резистор сопротивлением 75 Ом и мощностью 20 Вт. Его роль могут играть 10 двухватных резисторов (например, МЛТ-2) сопротивлением 750 Ом, включенных параллельно. Эквивалент подключают к выходу передатчика и ВЧ вольтметром измеряют на нем напряжение (можно измерять и ток в эквиваленте, если в распоряжении радиолюбителя есть ВЧ амперметр). Настраивают в телеграфном режиме П-контур, изменяя шаг намотки катушки L_c, и подстраивают по максимуму показаний вольтметра (амперметра) предыдущие контуры передатчика.

Налаживание передатчика в телефонном режиме сводится к установке напряжения на эмиттере транзистора T_9, равного половине напряжения источника питания, подбором резистора R_{23} и к проверке работоспособности модулятора. Убеждаются в отсутствии фона переменного тока и заметных на слух искажений усиливаемого сигнала.

Ток оконечного каскада в режиме несущей в отсутствие модуляции должен быть равен 0,25—0,3 А.

В заключение следует предостеречь радиолюбителей, не знакомых с особенностями эксплуатации мощных высокочастотных транзисторов: нельзя включать передатчик на несогласованную нагрузку (а тем более — без нагрузки), это почти всегда приводит к выходу транзисторов из строя из-за перенапряжения в П-контуре.

ПЕРЕДАТЧИК НА 144 МГц

Радиолюбители продолжают активно осваивать УКВ диапазоны. Их привлекают интереснейшие возможности установления радиосвязи с помощью отражения радиоволн от области полярного сияния («Авроры»), следов метеоров и т. п.

При создании УКВ передатчиков и приемников возникают некоторые трудности, обусловленные тем, что такая аппаратура сложна, к ее качеству предъявляются высокие требования, в частности к стабильности частоты генераторов. Это затрудняет изготовление и настройку УКВ аппаратуры. Применение в задающих генераторах УКВ радиостанций кварцевой стабилизации упрощает решение вопросов, связанных с повышением стабильности частоты. Именно по такому пути пошел ташкентский радиолюбитель В. Филиппов *RI8ADT*, создавший сравнительно простой передатчик. Передатчик выполнен на лампах, так как передатчики УКВ диапазона на транзисторах слишком сложны в изготовлении и настройке, в них приходится применять дорогостоящие и дефицитные транзисторы.

Принципиальная схема передатчика приведена на рис. 4-5. Задающий генератор ($Л_1$) собран на кварцевом резонаторе $Пэ_1$. Частота кварца может быть выбрана в пределах от 6,857 до 6,952 МГц. Резонаторы на эти частоты достаточно распространены (можно применить, например, резонаторы от радиостанции РСИУ-3).

Нагрузкой задающего генератора является контур L_2C_3. Он настроен на частоту седьмой механической гармоники кварца. Сигнал с частотой 48 МГц, снятый с контура, через конденсатор связи C_6 подается на сетку лампы $Л_2$, работающей утроителем частоты. Полученный на выходе утроителя сигнал с частотой 144 МГц усиливается двухтактным усилителем на лампе $Л_3$.

На выходе усилителя мощности $Л_3$ включен контур L_4C_{19}, индуктивно связанный с катушкой L_5. К этой катушке связи через контакты $P_{2/1}$ реле P_2 в режиме передачи подключается антенна.

В передатчике применена амплитудная модуляция с изменяющимся уровнем несущей. Суть ее заключается в том, что при отсутствии сигнала на входе модулятора (на катоде левого по схеме триода лампы $Л_4$) правый триод лампы $Л_5$ призакрыт, и на экранную сетку лампы оконечного каскада $Л_3$ через резистор R_{20} подается закрывающее отрицательное напряжение от источника —50 В. При этом передатчик почти не излучает несущую.

Когда же с микрофона на вход модулятора поступают сигналы, их положительные полуволны открывают правый триод лампы $Л_5$, и на экранную сетку лампы $Л_3$ подается пропорциональное НЧ сигналу положительное напряжение.

Происходит амплитудная модуляция излучаемого передатчиком сигнала. При этом в такт с речью изменяется и несущая АМ сигнала.

Передатчик настроен на одну частоту, определяемую частотой примененного кварцевого резонатора. Если использовать набор кварцев, частоту настройки задающего генератора можно изменять (скачкообразно). Если изменение частоты не превышает примерно 0,8 МГц, остальные каскады передатчика можно не подстраивать. В связи с этим в передатчике не предусмотрены выведенные на переднюю панель органы управления.

Все регулируемые детали (резисторы, конденсаторы) — подстроечные. Резистором R_8 устанавливают необходимый режим лампы $Л_3$, регулируя напряжение смещения на ее управляющей сетке. Резистором R_{19} подбирают режим лампы $Л_5$ модулятора. Резистор R_{17} — регулятор глубины модуляции.

Для определения тока в антенне применен ВЧ индикатор на миллиамперметре $ИП_1$ и детекторе на диоде $Д_1$. С петли связи L_6 на детектор поступает индуцированный в ней ВЧ сигнал.

Реле P_1 и P_2 переключают цепи питания и антенну при переходе с приема на передачу и обратно. Реле P_1 — РУ-3А или подобное, P_2 — любое высокочастотное (например, антенное реле от радиостанции РСБ-5).

Дифференциальные конденсаторы C_9 и C_{19} (так называемые конденсаторы типа «бабочка») можно взять от какой-либо вышедшей из строя УКВ радиостанции. Можно применить и самодельные дифференциальные конденсаторы; примерная конструкция их показана на рис. 4-6. При самостоятельном изготовлении таких конденсаторов особое внимание следует уделить качеству диэлектрика (желательно использовать керамику, ВЧ полистирол и т. п.).

Конденсаторы C_1, C_3, C_{10}, C_{21} — КПК-1; C_2, C_6, C_{12}, C_{13} — керамические, например КТК, КДК и т. д.; C_4, C_8, C_{18}, C_{22}—КСО; C_5, C_7, C_{11}, C_{14}—C_{17}, C_{20}, C_{26} — проходные керамические КТП-1; конденсаторы, применяемые в модуляторе — любого типа. Постоянные резисторы — МЛТ-0,5 и МЛТ-1, подстроечные — СПЗ-4 или СПО.

Все дроссели, кроме $Др_5$, намотаны на резисторах ВС-0,5, с которых наждачной бумагой был удален резистивный слой. Намотка выполнена проводом ПЭЛ 0,2 в один слой с прогрессивным шагом. Разреженной частью намотки дроссель должен подключаться к точке, имеющей ВЧ потенциал, например дроссель $Др_1$ к катушке L_3. Дроссель $Др_5$ намотан на резисторе ВС-1 сопротивлением 1,2 МОм (резистивный слой не удален) проводом ПЭЛ 0,67 в один слой, до заполнения.

Намоточные данные катушек приведены в табл. 4-2. Все катушки бескаркасные. Катушка L_5 помещена между двумя половинками L_4.

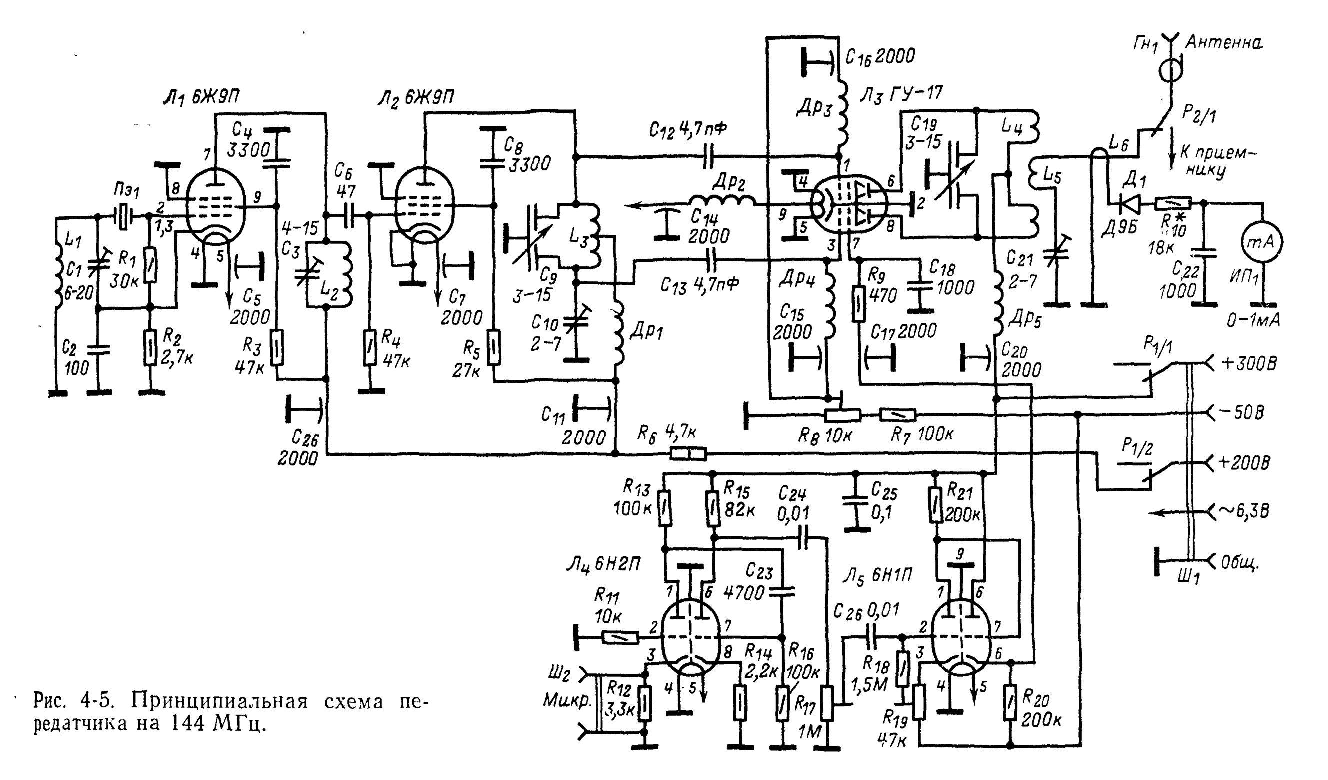


Рис. 4-5. Принципиальная схема передатчика на 144 МГц.

Передатчик смонтирован на двух П-образных шасси — вертикальном и горизонтальном, прикрепленных к лицевой панели (рис. 4-7). На горизонтальном шасси размерами 240×120×50 мм смонтированы ВЧ каскады и модулятор, на вертикальном размерами 150×120×60 мм — блок питания. Подвал горизонтального шасси разделен на отсеки экранирующими перегородками.

Налаживание передатчика после обычной проверки правильности монтажа и измерения авометром напряжений на электродах ламп (они должны примерно соответствовать паспортным значениям) начинают с предварительной настройки контуров на необходимые частоты. Для этой операции необходимы калиброванный ГИР или резонансный волномер. Чтобы исключить взаимное влияние контуров смежных каскадов ($L_1C_1C_2$ и L_2C_3, L_2C_3 и L_3C_9 и т. д.), при настройке одного из них другой следует шунтировать конденсатором емкостью 1—2 т. пФ. При настройке контуров задающего генератора следует учесть, что момент резонанса контуров выражен недостаточно резко.

Таблица 4-2

Обозначение на схеме	Число витков	Провод	Длина намотки, мм	Диаметр намотки (внутренний), мм
L_1	6	Посеребренный, 1,9	17	12
L_2	6	То же	17	12
L_3	3, отвод от середины	Лента 4×1 мм	32	16
L_4	4	Посеребренный, 2,5	14+14	13
L_5	6	МГШВ 0,24	Виток к витку	13

После предварительной настройки контуров проверяют наличие колебаний задающего генератора (желательно с помощью ВЧ вольтметра) и, получив сигнал от него, подстраивают контуры уже окончательно. Такая двухступенчатая процедура позволяет избежать весьма

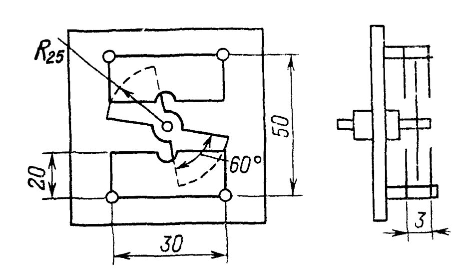


Рис. 4-6. Конструкция самодельного дифференциального конденсатора.

распространенной ошибки — настройки не на желаемую частоту, а на частоту той или иной гармоники.

Затем следует убедиться в отсутствии самовозбуждения отдельных каскадов передатчика. Для этого, вынув кварц $Пэ_1$, ВЧ вольтметром проверяют присутствие напряжений на анодах ламп $Л_1$—$Л_3$. Если такие напряжения есть — значит, имеется самовозбуждение. Для его устранения можно попробовать увеличить емкость блокирующих и проходных конденсаторов, а также проверить надежность экранировки.

Наладив высокочастотную часть передатчика, приступают к налаживанию модулятора. Если при монтаже модулятора не было допущено ошибок, а все примененные детали исправны, налаживание сведется к установлению резистором R_{19} анодного тока правого триода лампы $Л_5$, равного 25—30% его значения при произнесении перед микрофоном громкого звука «а».

При оптимальной настройке всех каскадов мощность, отдаваемая передатчиком в антенну, достигает

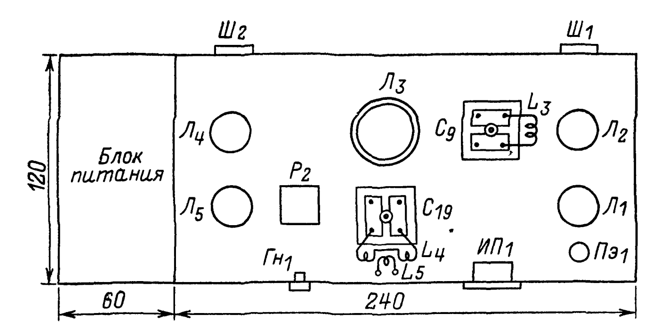


Рис 4-7. Расположение деталей на шасси передатчика.

2 Вт. С помощью этого передатчика автор конструкции, используя семиэлементную антенну «волновой канал», проводил уверенные связи на расстоянии до 450 км.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ SSB ВОЗБУДИТЕЛЬ

Сравнительно несложную и малогабаритную конструкцию возбудителя на транзисторах создал радиолюбитель В. Табунщиков (*UC2IN*) из Гродненской области. Возбудитель предназначен для работы в диапазоне 3,6—3,65 МГц.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 4-8. Сигнал звуковой частоты микрофона $Мк_1$ усиливается трехкаскадным усилителем на транзисторах T_1—T_3. С его выхода — эмиттерного повторителя сигнал подается на балансный модулятор, в котором использованы диоды $Д_1$ и $Д_2$. Балансируется он резистором R_7. На балансный модулятор подается также сигнал опорного генератора (4,91 МГц), собранного на транзисторе T_7 и кварце $Пэ_1$. Для согласования низкого входного сопротивления модулятора и высокого сопротивления генератора применен эмиттерный повторитель на транзисторе T_8.

В нагрузке балансного модулятора — контуре L_1C_6 выделяется модулированный сигнал с частично подавленной несущей (*DSB*). С катушки связи L_2 этот сигнал подается на усилитель ВЧ (T_4) и далее на трехкристальный кварцевый фильтр на резонаторах $Пэ_2$—$Пэ_4$, частота нижнего ската частотной характеристики которого равна 4,91 МГц. Фильтр выделяет из *DSB* сигнала верхнюю боковую полосу и дополнительно ослабляет остаток несущей.

Сформированный SSB сигнал поступает на каскодный смеситель на транзисторах T_5, T_6, в котором из частоты 8,51—8,56 МГц гетеродина плавного диапазона (ГПД) вычитается частота SSB сигнала 4,91 МГц. При этом осуществляется инверсия боковой полосы, поэтому SSB сигнал на выходе смесителя (его частота от 3,6 до 3,65 МГц) имеет нижнюю боковую полосу, обычно используемую радиолюбителями при работе на низкочастотных диапазонах.

Применение каскодной схемы смесителя позволяет получить сигнал с амплитудой, достаточной для работы последующих каскадов.

В режиме приема смеситель отключается контактами реле $P_{1/1}$.

Гетеродин плавного диапазона возбудителя собран на транзисторе T_9 по распространенной схеме емкостной трехточки. Частота ГПД перестраивается переменным конденсатором C_{20}. На транзисторе T_{10} собран эмиттерный повторитель, уменьшающий влияние нагрузки на частоту генератора. Для автоматического переключения возбудителя в режим передачи при появлении на входе усилителя НЧ сигнала используется устройство голосового управления. Низкочастотный сигнал снимается с эмиттерного повторителя на транзисторе T_3, усиливается двухкаскадным усилителем на транзисторах T_{13}, T_{14} и выпрямляется диодами $Д_5$, $Д_6$. Выпрямленным напряжением заряжается конденсатор C_{28}, отрицательное напряжение с которого поступает на базу транзистора T_{11} и открывает его. В цепь коллектора транзистора T_{11} включено электромагнитное реле P_1. Срабатывая, своими контактами оно включает возбудитель

Диод $Д_4$ служит для защиты транзистора T_{11} от пробоя экстратоками, возникающими при отключении реле. В режиме настройки контакты реле $P_{1/1}$ могут блокироваться кнопкой $Кн_1$.

Сигнал SSB, снимаемый с выхода смесителя, усиливается двухкаскадным усилителем на транзисторах T_1, T_2 и T_3, T_4 (рис 4-9). Оба его каскада собраны по каскодным схемам. Усилитель предназначен для возбуждения оконечного каскада на лампе ГУ-29.

Возбудитель собран на двух печатных платах, имеющих размеры 120×95 мм. На первой плате смонтированы каскады формирования сигнала (усилитель НЧ, балансный модулятор и усилитель ВЧ), на второй — ГПД, смеситель и устройство голосового управления

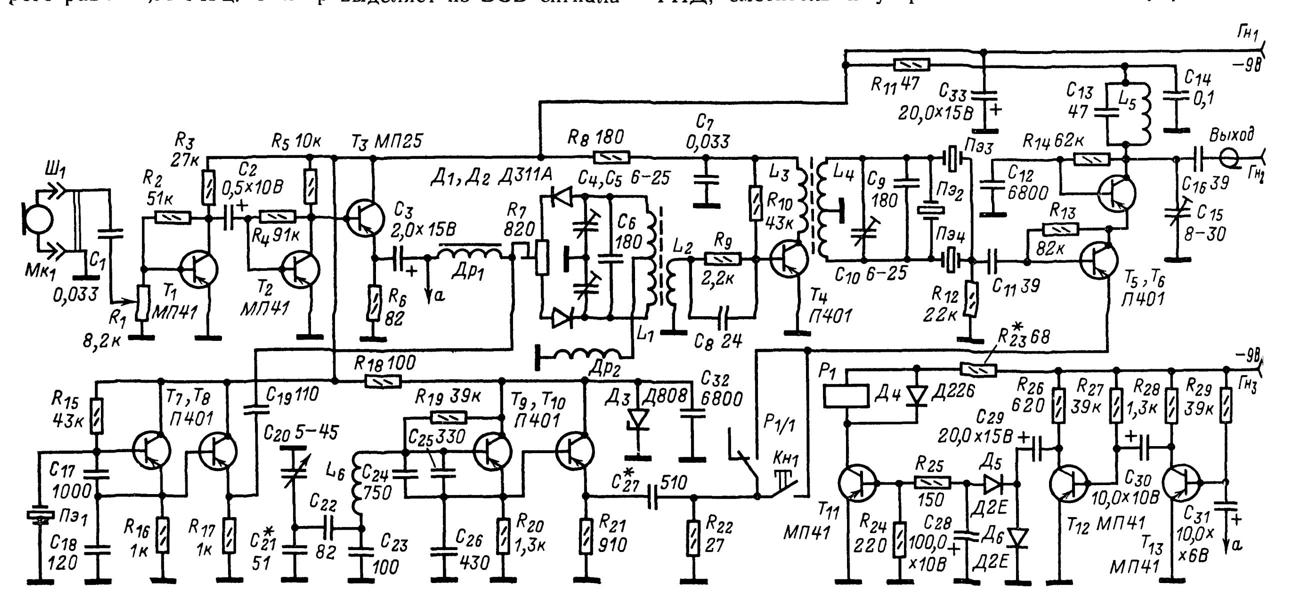


Рис. 4-8. Принципиальная схема возбудителя.

Усилитель SSB сигнала собран на третьей печатной плате, имеющей такие же размеры. Транзисторы T_3, T_4 усилителя установлены без теплоотводов. Печатные платы помещены в корпус из листового алюминия толщиной 0,5 мм.

В конструкции применены малогабаритные детали: конденсаторы постоянной емкости (C_{21} — C_{27})—КСО,

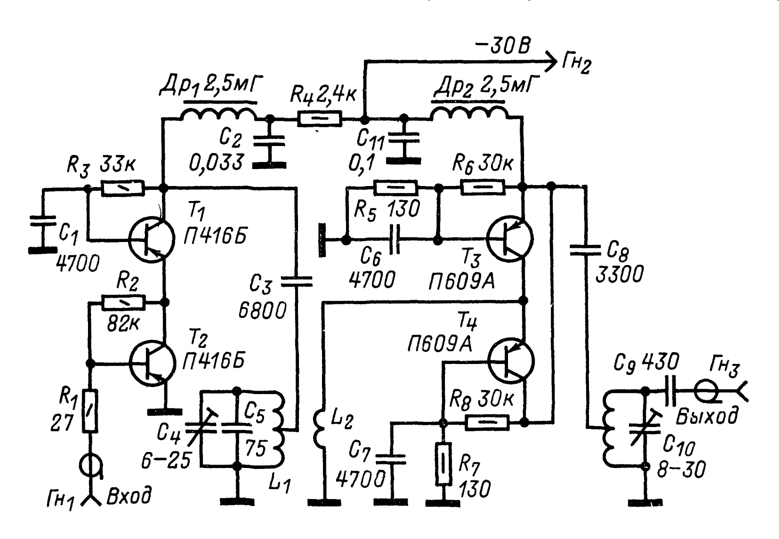


Рис. 4-9. Принципиальная схема усилителя.

КМ, КЛС, подстроечные (C_4, C_5, C_{10}, C_{15})—КПК-М, переменный (C_{20})—КПВ с удлиненной осью, резисторы — МЛТ-0,125 (R_1, R_7 — СПО), реле P_1 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.303).

Данные катушек и дросселей возбудителя приведены в табл. 4-3. Для намотки катушек L_1 — L_4 использованы унифицированные сердечники СБ-12а из карбонильного железа, для L_5 и L_6 — каркасы из гетинакса диаметром 9 мм. Дроссель $Др_1$ намотан на кольцевом сердечнике из феррита 600НН К10×4×3, $Др_2$ — на каркасе диаметром 5 мм из гетинакса.

Катушки L_1 и L_4 расположены симметрично относительно L_2 и L_3, намотанных на общих с ними каркасах; L_2 и L_3 намотаны в средних секциях трехсекционных каркасов сердечников СБ-12а, а половины L_1 и L_4 — в крайних. Начало обмотки одной половины соединено с концом другой, образуя вывод от середины. Направление намотки всех катушек при этом должно

Таблица 4-3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Каркас, сердечник
L_1	16, отвод от середины	ПЭЛ 0,2	СБ-12а
L_2	16	ПЭЛ 0,2	СБ-12а
L_3	16, отвод от середины	ПЭЛ 0,2	СБ-12а
L_4	16	ПЭЛ 0,2	СБ-12а
L_5	70	ПЭЛ 0,19	Гетинаксовый, диаметр 9 мм
L_6	25	ПЭЛ 0,32	То же
$Др_1$	200	ПЭЛ 0,15	К10×4×3 из феррита 600НН
$Др_2$	55	ПЭЛ 0,2	Гетинаксовый, диаметр 5 мм

быть одинаковым. Данные катушек усилителя SSB сигнала приведены в табл. 4-4. Все катушки намотаны на гетинаксовых каркасах диаметром 9 мм.

Кварцы, примененные в опорном генераторе и фильтре, — от радиостанции РСУ-3. Вместо них могут быть применены любые (желательно негерметизированные — для удобства перестройки по частоте) кварцевые резонаторы.

Кварцы $Пэ_1$—$Пэ_4$ имеют следующие частоты, на которые их нужно настроить в процессе налаживания: $f_1=4910$; $f_2=4910{,}1$; $f_3=4910{,}25$; $f_4=4912{,}2$ кГц. За основу взяты кварцы на одну частоту. В дальнейшем частота трех из них была повышена стачиванием части слоя серебряного покрытия: $Пэ_2$ и $Пэ_3$ — «чернильной» ученической резинкой; $Пэ_4$ — микронной наждачной бумагой. Если частота кварца увеличена больше, чем необходимо, ее можно понизить нанесением вместо излишне удаленного слоя серебра нескольких штрихов мягким карандашом «Союз».

Для настройки резонаторов кварцевого фильтра можно собрать два несложных генератора на одной лампе $Л_1$ (рис. 4-10) или на двух транзисторах. С помощью генераторов определяют разнос частот двух кварцевых резонаторов, подключив электронный частотомер (или, в крайнем случае, на слух по тону биений в телефонах $Тф_1$).

Таблица 4-4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Примечание
L_1	70	ПЭЛ 0,2	Отвод от 30-го витка снизу по схеме
L_2	10	МГШВ 0,35	Поверх L_1
L_3	70	ПЭЛ 0,2	Отвод от 25-го витка снизу по схеме

Собранный кварцевый фильтр желательно проверить, сняв его частотную характеристику, и в случае необходимости ввести шунтирующие резисторы и конденсаторы, увеличивающие крутизну скатов характеристики и улучшающие равномерность передачи в полосе пропускания.

При налаживании возбудителя можно обойтись минимумом измерительных приборов — авометром и калиброванным приемником. Для налаживания усилителя НЧ отключают конденсатор C_3 от дросселя $Др_1$ (см. рис. 4-9) и подключают к нему телефоны (лучше всего низкоомные). Оценивают на слух качество работы усилителя.

Наличие колебаний опорного генератора (см. рис. 4-8) можно проверить, измеряя падение напряжения на резисторе R_{16} при включенном и отключенном резисторе $Пэ_1$. Если генератор работает, эмиттерный ток (следовательно, и падение напряжения) будет резко увеличиваться при отключении кварца. В наличии колебаний можно также убедиться, прослушивая сигнал опорного генератора на приемнике. Для этого подносят антенну (отрезок провода длиной 15—20 см) к резонатору $Пэ_1$.

Затем переходят к налаживанию балансного модулятора. Вначале движок резистора R_7 устанавливают в среднее положение. Антенну приемника располагают вблизи катушки L_4. Попеременно регулируют емкость

подстроечных конденсаторов C_4 и C_5, добиваясь максимального подавления несущей (на слух или по S-метру приемника). Затем балансируют модулятор резистором R_7.

После настройки балансного модулятора, прослушивают сформированный SSB сигнал на выходе кварцевого фильтра. Для этого антенну приемника подносят

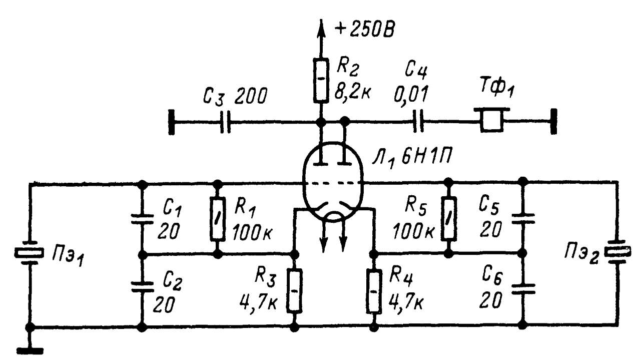


Рис. 4-10 Вспомогательные генераторы для настройки кварцевых резонаторов.

к базе транзистора T_5 и настраивают контур L_4C_{10} по максимуму сигнала.

Опорный генератор подстраивают, повышая или понижая частоту кварца $Пэ_1$ по наилучшему качеству SSB сигнала. В случае необходимости окончательно настраивают кварцевый фильтр.

В работоспособности ГПД убеждаются, замыкая его катушку L_6 (при этом должен резко увеличиваться коллекторный ток транзистора T_9). Частоту перестройки ГПД «укладывают» в заданный интервал (по калиброванному приемнику, поднеся его антенну к эмиттеру транзистора T_{10}). В случае необходимости подбирают конденсатор C_{21}.

Налаживание смесителя сводится к установке амплитуды сигнала ГПД на эмиттере транзистора T_5. Для этого прослушивают сигнал в диапазоне от 3,6 до 3,65 МГц, поднеся антенну приемника к выходу возбудителя, и подбирают конденсатор связи C_{27}. Если его емкость мала, сигнал будет слишком слабым, если велика — появятся заметные на слух нелинейные искажения.

При отсутствии ошибок в монтаже и исправных деталях устройство голосового управления налаживания не требует.

Налаживание усилителя SSB сигнала сводится к проверке режимов транзисторов на постоянном токе и настройке контуров $L_1C_4C_5$ и L_3C_{10} подстроечными конденсаторами на частоту середины диапазона (3,625 МГц).

Питать возбудитель и усилитель следует от раздельных выпрямителей (желательно также использовать отдельные источники для питания собственно возбудителя и устройства голосового управления).

Потребляемый ток составляет: возбудителя 26 мА, устройства голосового управления 90 мА, усилителя 150 мА (на пиках).

ТЕЛЕГРАФНЫЙ МАНИПУЛЯТОР

Устройства для формирования телеграфных сигналов находят широкое применение в радиолюбительской практике и в профессиональной радиосвязи. Обычно для этой цели используются механические или электронные телеграфные ключи, реже — клавиатурные датчики. Основным недостатком, ограничивающим быстродействие этих устройств, является наличие движущихся элементов, обладающих большой массой (включая руку оператора).

Совершенно иной принцип формирования телеграфных сигналов, позволяющий в несколько раз увеличить скорость передачи, заложен в конструкцию телеграфного манипулятора куйбышевского радиолюбителя Г. Капустина. Для управления этим манипулятором используется движение пальцев оператора (а не кисти или даже всей руки, как в телеграфных ключах), подвижные же детали в самом манипуляторе отсутствуют. Формирование телеграфного знака (точки или тире) происходит при прикосновении к неподвижному контакту на корпусе манипулятора. Помимо увеличения быстродействия такое устройство позволяет достичь более высокой надежности, так как подвижные детали и контакты, нуждающиеся в периодической регулировке, здесь отсутствуют.

Для реализации нового принципа управления манипулятором можно использовать несколько физических явлений. Например, движением пальцев можно прерывать луч света, падающий на фоточувствительный элемент; касаясь неподвижных контактов, вызывать зажигание тиратронов, уход частоты или срыв колебаний генератора, появление самовозбуждения в усилителе, разбалансировку моста и т. д.

После экспериментальной проверки различных устройств автор конструкции остановился на манипуляторе, в котором происходит срыв колебаний генератора. Это устройство оказалось простым и надежным.

Принципиальная схема одного из каналов управления манипулятора показана на рис. 4-11. Всего же используется два одинаковых канала (один для формирования точек, второй — для формирования тире). Канал управления включает в себя генератор на транзисторе T_1, выполненный по схеме индуктивной трехточки, выпрямитель колебаний генератора на транзисторе T_2 и ключевой каскад на транзисторе T_3 и электромеханическом реле P_1.

В исходном состоянии генератор генерирует высокочастотные колебания. Положительные полупериоды этих колебаний, выпрямленные эмиттерным переходом транзистора T_2, вызывают заряд конденсатора C_5. Ток заряда насыщает транзистор T_2. Транзистор T_2 в режиме насыщения шунтирует эмиттерный переход транзистора T_3, поэтому транзистор T_3 закрыт.

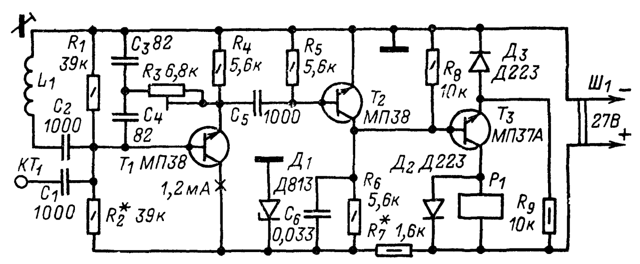


Рис. 4-11. Принципиальная схема одного из каналов манипулятора.

Когда к неподвижному контакту $Кт_1$ прикасается палец оператора, к базе транзистора T_1 через конденсатор C_1 окажется подключенной емкость около 300 пФ (емкость тела оператора). При этом коэффициент положительной обратной связи генератора уменьшится, и колебания сорвутся. Вследствие этого транзистор T_2 закроется, T_3 — откроется, и сработает реле P_1. Своими контактами оно включит устройство формирования точки или тире — электронный телеграфный ключ (его схема может быть любой и поэтому здесь не приводится).

Резистор R_2 служит для регулировки обратной связи, диод $Д_2$ предохраняет транзистор T_3 от пробоя то-

ками, возникающими при выключении обмотки реле P_1. Диод $Д_3$ служит для термостабилизации транзистора T_3. Для повышения стабильности работы генератора напряжение коллекторного питания стабилизировано стабилитроном $Д_1$.

Конструктивно манипулятор собран в одной коробке (размерами 90×170 мм) с электронным телеграфным ключом.

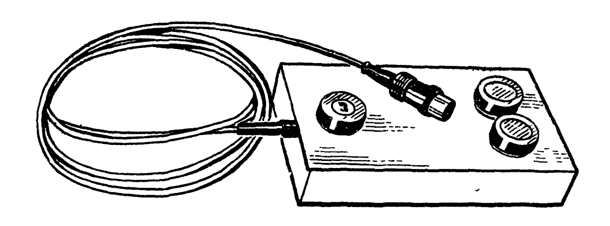


Рис. 4-12. Внешний вид манипулятора.

Каналы управления отделены друг от друга и от электронного ключа экранирующими перегородками. Внешний вид манипулятора показан на рис. 4-12.

На крышке манипулятора размещены два неподвижных контакта диаметром по 25 мм, расстояние между контактами 10 мм. Такие размеры наиболее удобны для работы.

Конденсаторы C_3, C_4 — КТ-1; C_1, C_2, C_5 — КД-1; C_6 — КЛС. Резистор R_3 — СПО, остальные — МЛТ-0,5.

Реле P_1 — РЭС-15 (паспорт РС4.591.001) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Катушка L_1 намотана проводом ПЭЛ 0,2 внавал до заполнения каркаса броневого сердечника ОБ-12 из феррита 1500НМ1, 1500НМ2 или 2000НМ1. Число витков катушки подбирают при налаживании. Катушку L_1 можно также намотать на отрезке стержня ферритовой антенны длиной около 25 мм, первоначальное число витков — около 350—400.

Детали, примененные в манипуляторе, некритичны, их можно заменить деталями других типов, близкими к рекомендованным по номиналам. Транзисторы также могут быть взяты других типов, желательно только чтобы коэффициент передачи тока транзистора T_1 был примерно равен 50, а T_2 — 30. Возможно применение и *p-n-p* транзисторов, в этом случае полярность включения источника напряжения (в данной конструкции выпрямителя) и стабилитрона $Д_1$ следует изменить на противоположную.

Применение электромеханического реле, наверное, можно считать недостатком конструкции. Хотя оно и обеспечивает высокую максимальную скорость передачи (примерно до 600 знаков в минуту), его надежность уступает надежности остальных примененных элементов. Электромеханическое реле можно заменить электронным, собранным на транзисторах по одной из типовых схем.

Налаживание манипулятора после проверки правильности монтажа начинают с установки начального тока (около 5 мА) через стабилитрон $Д_1$.

Особое внимание следует уделить тщательности настройки генератора — от этого в дальнейшем будут зависеть стабильность и четкость работы всего устройства. Очень удобно настраивать генератор, контролируя наличие колебаний низкочастотным осциллографом, подключенным через конденсатор емкостью 100—300 пФ к базе транзистора T_2, или вольтметром переменного тока.

Вначале подбирают число витков катушки L_1. Предварительно катушку наматывают до заполнения каркаса и обе половинки сердечника слегка стягивают винтом с гайкой М3. При этом резонансная частота, на которую будет настроен контур генератора, окажется равной 100—150 кГц. При первом включении устройства генерация обычно не возникает при любом положении движка резистора R_3. Это объясняется тем, что резонансное сопротивление контура на этих частотах относительно велико, а входное сопротивление транзистора мало. Затем следует постепенно отматывать витки катушки до появления колебаний. Перемещение движка резистора R_3 в обе стороны от положения, при котором возникли колебания, должно вызывать их срыв. Добиваются, чтобы напряжение сигнала на базе транзистора T_2 составляло 1,8—2 В. Обычно число витков оказывается равным примерно 130, частота колебаний — 300—350 кГц.

Движок резистора R_3 ставят в положение максимального сопротивления и перемещают его до появления колебаний. В этом положении движка касание пальцев контакта должно срывать колебания. После того, как контакт будет отпущен, колебания должны возникнуть вновь. Это нормальный режим канала управления, так называемый «мягкий» режим возбуждения генератора.

Следует обратить внимание, что при дальнейшем уменьшении сопротивления R_3 колебания либо сорвутся, либо после касания контакта не возникнут вновь. Это напоминает работу генератора в «жестком» режиме, однако такой режим получается из-за разницы в степени шунтирования контакта транзистором в зависимости от того, работает генератор или нет.

На высоких частотах генератора (500 кГц и выше) колебания при касании контакта могут не срываться.

Несмотря на критичность настройки, генератор работает очень стабильно: нагрев катушки и транзистора T_1 до температуры 50—60° С не меняет его режим работы.

При работе на манипуляторе рука лежит на крышке телеграфного ключа, первая фаланга указательного пальца при касании левого контакта (формирование точек) образует угол с крышкой около 45°, первая фаланга среднего пальца при касании правого контакта (формирование тире) образует угол с крышкой около 60°. Большой палец — прямой, безымянный и мизинец подогнуты внутрь ладони. Такое положение обеспечивает меньшие радиусы инерции пальцев и большую скорость манипуляции.

На умеренных скоростях при работе в эфире из-за легкости манипуляции представляется возможность работать левой рукой, высвободив правую.

РАДИОСТАНЦИЯ ДЛЯ МНОГОБОРЬЯ РАДИСТОВ

Многоборье радистов — это вид радиоспорта, в котором выполняются три упражнения: прием и передача радиограмм в радиоклассе, радиообмен в сети из трех радиостанций; находящихся в полевых условиях на расстоянии 3—4 км друг от друга, и спортивное ориентирование на местности.

Для проведения радиообмена обычно используются громоздкие и тяжелые радиостанции Р-104. Транспортировка этих радиостанций к месту соревнований вызывает подчас серьезные затруднения. Сконструированная радиолюбителем из г. Коврова Владимирской обл. Л. Смирновым радиостанция отличается небольшими размерами и массой, удобством эксплуатации. Ее можно рекомендовать для повторения в спортивно-технических клубах, радиошколах, радиокружках.

Диапазон частот радиостанции 2,2—4,1 МГц, род работы — телеграф, выходная мощность передатчика 2 Вт, чувствительность приемника — не хуже 2 мкВ при соотношении сигнал/шум 10 дБ, питание радиостанции — от 9 элементов «Марс», потребляемый ток в режиме приема 23 мА, в режиме передачи 300 мА, габариты радиостанции 250×150×72 мм, масса 2,8 кг (с полным комплектом источников питания).

Принципиальная схема радиостанции приведена на рис. 4-13. Приемник (прямого преобразования) состоит

из двухкаскадного усилителя ВЧ, балансного смесителя, фильтра, трехкаскадного усилителя НЧ, и генератора плавного диапазона (ГПД), общего как для приемной, так и для передающей частей.

Принимаемый сигнал выделяется входным контуром L_1C_4 и через конденсаторы C_1, C_2 подается на затвор транзистора T_1 — первого каскада усилителя ВЧ. Нагрузкой усилителя служит дроссель $Др_1$, с которого усиленный сигнал снимается и подается на базу транзистора T_2 — второго каскада усилителя ВЧ. В цепь коллектора транзистора T_2 включен ВЧ трансформатор, образованный катушками L_2 и L_3. Он необходим для того, чтобы получить противофазные напряжения, подаваемые на балансный смеситель. Нагрузкой транзистора T_2 служит контур L_2C_8.

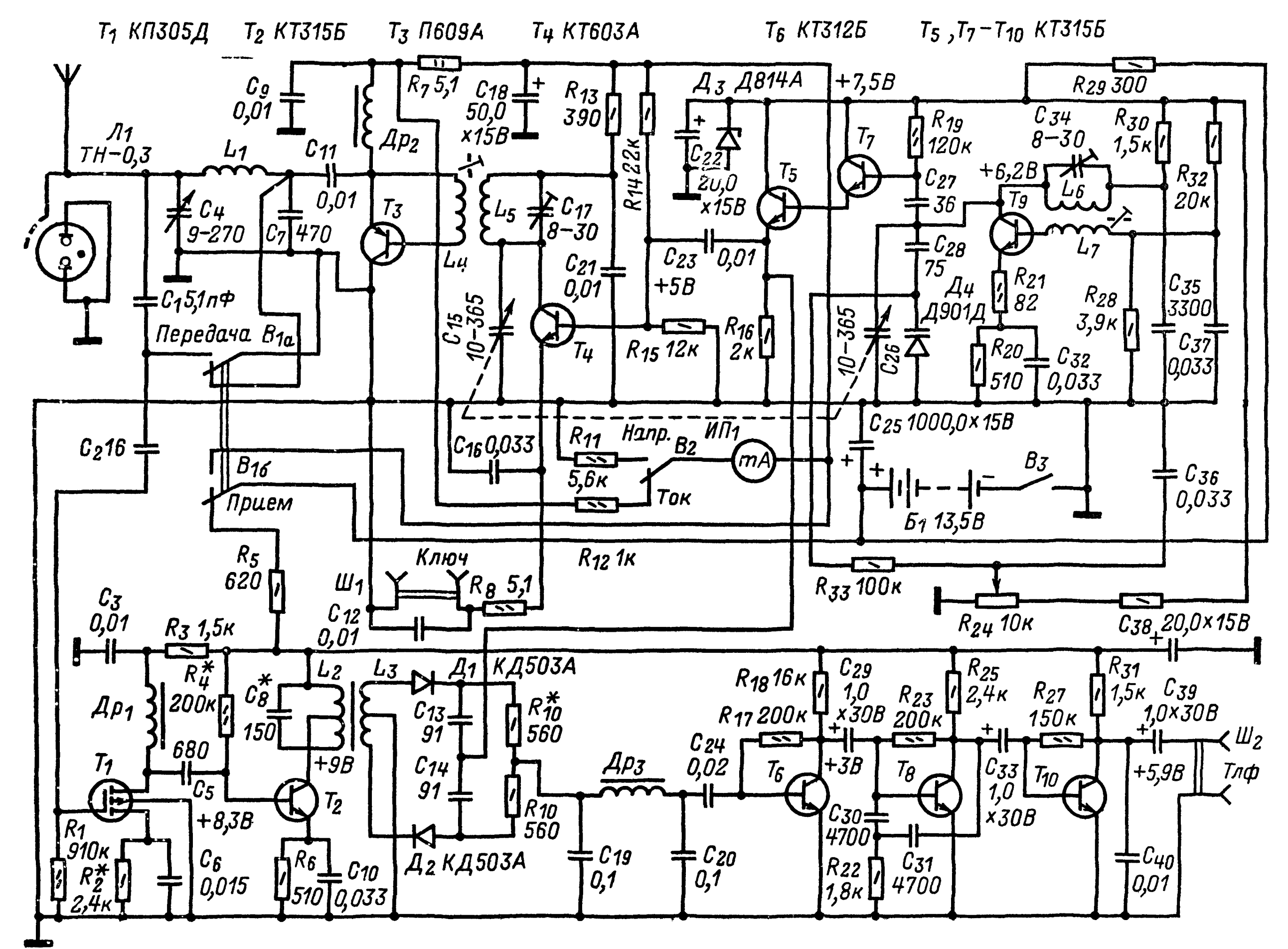


Рис. 4-13. Принципиальная схема радиостанции.

Балансный смеситель собран на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Он смешивает частоту принятого сигнала с частотой гетеродина. На выходе смесителя выделяется звуковой сигнал (1—2 кГц) разностной частоты. Этот сигнал отфильтровывается фильтром нижних частот $Др_3C_{19}C_{20}$ с частотой среза 3 кГц.

Гетеродин радиостанции выполнен на транзисторе T_9 по схеме с индуктивной обратной связью. Контур $L_6C_{26}C_{34}$ гетеродина определяет частоту настройки радиостанции. Настройка на требуемую частоту производится конденсатором C_{26}. Для удобства настройки на частоту корреспондента предусмотрен «электрический верньер» на варикапе $Д_4$. Напряжение на варикап подается с движка переменного резистора R_{24}. «Электрический верньер» позволяет изменять частоту настройки на ±5 кГц.

На транзисторах T_5 и T_7 выполнен по схеме составного эмиттерного повторителя буферный каскад. Он служит для устранения влияния нагрузки на частоту генерации ГПД. Питание каскадов на транзисторах T_5, T_7 и T_9 стабилизировано с помощью стабилитрона $Д_3$.

В усилитель НЧ входят каскады на транзисторах T_6, T_8 и T_{10}. Первый каскад — активный фильтр нижних частот, ослабляющий сигналы выше 3 кГц. Его частотная характеристика формируется цепью обратной связи R_{22}, C_{30} и C_{31}. Фазовые соотношения в цепи выбраны такими, чтобы на частотах 2—3 кГц был резкий завал из-за сильной отрицательной обратной связи. На низких частотах емкостное сопротивление конденсаторов C_{30} и C_{31} велико, и обратная связь практически отсутствует.

Резисторы R_{17}, R_{23} и R_{27} создают смещение транзисторов усилителя НЧ и стабилизируют их режимы по постоянному току.

К выходу усилителя НЧ (разъем $Ш_2$) подключаются высокоомные головные телефоны ТОН-1 с регулятором громкости. Конденсатор C_{40} служит для ослабления высокочастотных составляющих шума усилителя.

Передатчик радиостанции собран по простейшей схеме и состоит (кроме ГПД) из предварительного усилителя и выходного каскада.

С нагрузки буферного каскада — резистора R_{16} напряжение ВЧ подается на базу транзистора T_4, включенного по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой в цепи

коллектора транзистора служит контур $L_5C_{15}C_{17}$. С катушки связи L_5 усиленный предварительным усилителем сигнал поступает на мощный выходной каскад, собранный на транзисторе T_3. Для стабилизации режима по постоянному току в эмиттерную цепь этого транзистора включен резистор R_7. Коллектор транзистора соединен непосредственно с корпусом радиостанции, что значительно улучшает условия его охлаждения и упрощает конструкцию за счет отсутствия радиатора. Сигнал, сни-

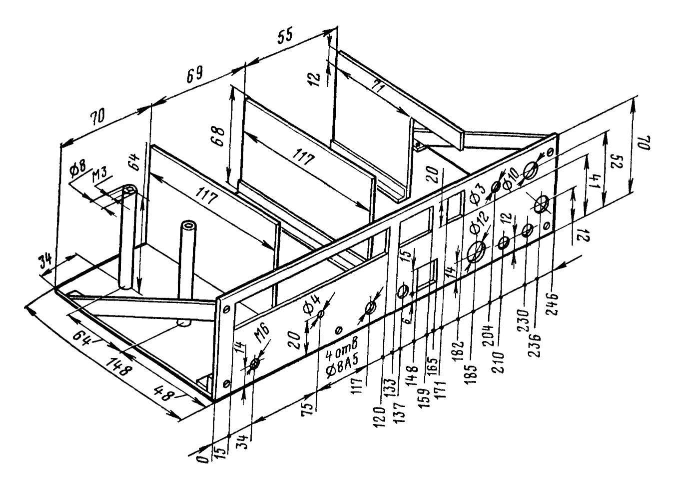


Рис. 4-14. Чертеж шасси радиостанции.

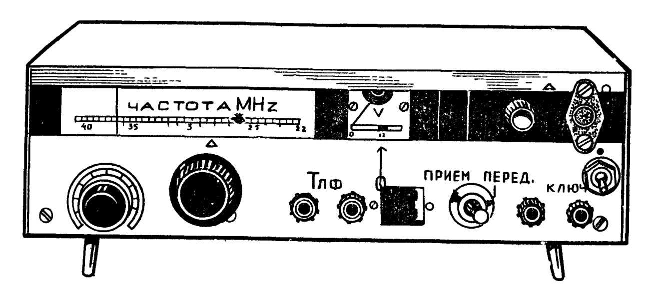


Рис. 4-15. Внешний вид радиостанции.

маемый с эмиттера транзистора T_3, через разделительный конденсатор C_{11} подается на П-контур $L_1C_4C_7$ и далее — в антенну.

Индикатором настройки служит неоновая лампа $Л_1$. Для более точной настройки служит стрелочный прибор $ИП_1$. В положении «Ток» переключателя B_2 он измеряет ток эмиттера транзистора T_3 (предел измерения 600 мА). В положении «Напр.» он включается как вольтметр постоянного тока и измеряет напряжение источника питания в режиме передачи.

Телеграфная манипуляция передатчика осуществляется в цепи эмиттера транзистора T_4. «Ключ» подключается к разъему $Ш_1$. С помощью фильтра $C_{12}R_8C_{16}$ можно корректировать форму телеграфного сигнала.

Шасси выполнено из дюралюминия толщиной 2 мм. Чертеж шасси, на котором собрана радиостанция, показан на рис. 4-14, внешний вид радиостанции — на рис. 4-15.

Конденсаторы переменной емкости с верньерным устройством размещены на отдельной пластине из фольгированного гетинакса размерами 140×65 мм. Эта пластина прикреплена к передней панели. Приемная, передающая часть и ГПД радиостанции разделены экранирующими перегородками. Транзистор T_3 укреплен на перегородке.

Радиостанция смонтирована на четырех печатных платах. Чертежи печатных плат и расположения деталей приведены на рис. 4-16. Платы укреплены на шасси при помощи стоек. Шасси закрыто экранирующим кожухом из дюралюминия толщиной 1,5—2 мм.

Радиостанция снабжена ручкой для переноски и имеет защитный полиэтиленовый чехол. Для ее питания используются 9 элементов 373, включенных последовательно.

В радиостанции применены следующие детали: постоянные резисторы МЛТ-0,5 и МЛТ-0,125 (R_7 — проволочный); переменный (R_{24}) — СП3-9а; электролитические конденсаторы — К50-6 и К50-3; C_{15}, C_{26} — сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости от радиоприемника «Спидола»; C_4 — одна секция блока конденсаторов от радиоприемника «Альпинист-402»; конденсатор C_{11}—КСО-5 на рабочее напряжение 500 В; подстроечные конденсаторы C_{17} и C_{34} — КПК-1, остальные конденсаторы — КМ, КЛС, КТК-М. Измерительный прибор $ИП_1$—М-364 с током полного отклонения 5 мА. Переключатель B_1 — Т3, B_2 — ПДМ2-1, B_3 — МТ1-1. Катушка L_1 намотана на каркасе диаметром 20 мм виток к витку, содержит 60 витков провода ПЭВ-2 0,69. Катушки L_2, L_3 намотаны на кольцевом магнитопроводе К16×9×7 из феррита М30ВЧ2; L_2 содержит 35 витков (отвод от 15 снизу по схеме) провода ПЭЛШО 0,15, L_3 намотана бифилярно и имеет 12 витков того же провода. Катушки L_4 — L_7 помещены в сердечники СБ-22 и содержат: L_4 — 4 витка провода ПЭВ-2 0,69, L_5 — 35 витков провода ПЭЛШО 0,2, L_6 — 35 витков того же провода, L_7 — 7 витков провода ПЭЛШО 0,15. Дроссель $Др_1$ имеет 300 витков провода ПЭЛШО 0,12, намотанных на кольцевом магнитопроводе К10×6×4 из феррита 1000НМ, $Др_2$ — Д-0,6 с индуктивностью 50 мкГн, $Др_3$ имеет 300 витков провода ПЭЛШО 0,15, намотанных на кольцевом магнитопроводе К17×8×5 из феррита М2000НМ.

Налаживание радиостанции начинают в режиме приема. Убеждаются в наличии генерации ГПД (например, с помощью волномера, подносимого к катушке L_6). Причиной отсутствия генерации может быть (если все примененные в ГПД детали исправны) неправильное включение выводов катушки L_6 относительно выводов катушки L_7.

После получения генерации проверяют диапазон перестройки генератора и устанавливают его в пределах от 2,2 до 4,1 МГц. Нижнюю границу диапазона устанавливают изменением индуктивности (подстроечным сердечником) катушки L_6 при максимальной емкости конденсатора C_{26}, верхнюю — изменением емкости подстроечного конденсатора C_{34} при минимальной емкости конденсатора C_{26}.

Проверяют величину перестройки частоты «электрическим верньером» и в случае необходимости подбирают сопротивление резистора R_{26}.

Градуируют шкалу настройки радиостанции, используя градуированный контрольный приемник или ГСС (ГСС-6, Г4-18 и т. п.).

Усилитель НЧ обычно налаживания не требует.

Работу усилителя ВЧ проверяют, подав на его вход напряжение от ГСС частотой 3 МГц и амплитудой 10—15 мкВ. Подстройкой П-контура конденсатором C_4 добиваются максимальной амплитуды сигнала на выходе приемника (прослушивая сигнал в телефонах или измеряя его напряжение вольтметром переменного тока). Контур L_2C_8 настраивают (также по максимальной амплитуде сигнала на выходе) подбором емкости конденсатора.

Если приемник настроен правильно, при подаче на вход ВЧ напряжения 1—2 мкВ амплитуда сигнала на выходе должна составлять 10 В. Если же она оказывается меньшей, подбирают резисторы R_2 и R_4.

В заключение налаживания приемника подбирают резисторы R_9 и R_{10} балансного смесителя, временно подключив вместо них переменные резисторы. Резисторы

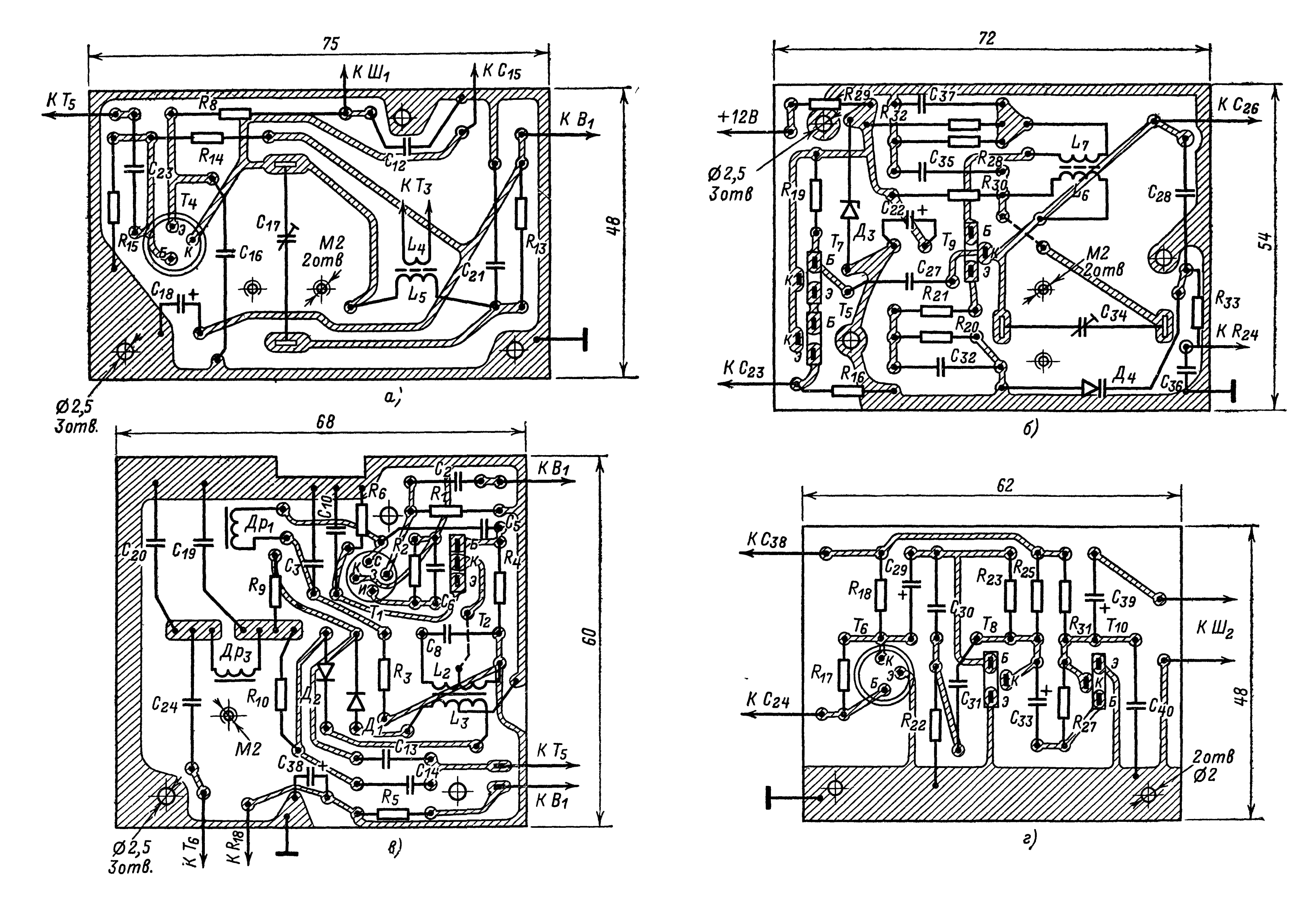


Рис. 4-16. Печатные платы радиостанции

а — предоконечный каскад; *б* — ГПД; *в* — приемник; *г* — усилитель НЧ.

регулируют так, чтобы получить минимальные шумы и достаточную громкость сигналов дальних радиостанций.

Затем переходят к настройке передающей части. Подсоединив вместо антенны вертикальный провод длиной 2—4 м, волномером, поднесенным к антенне, определяют излучение ВЧ сигнала. Если излучение отсутствует, необходимо измерить ток, потребляемый оконечным каскадом. При точной настройке П-контура он не должен превышать 300 мА. В противном случае необходимо проверить исправность транзистора T_3. Добившись излучения, относят волномер на расстояние около 30 см от антенны и настраивают по максимуму его показаний контур L_1C_4. Контур L_5C_{17} настраивают сердечником катушки на частоте 2 МГц и конденсатором C_{17} — на частоте 4 МГц (также по максимуму показаний волномера). В процессе настройки волномер постепенно удаляют от антенны.

Весьма желательно после настройки всех каскадов передатчика подобрать элементы фильтра $C_{12}R_8C_{16}$, добиваясь получения «мягкого» сигнала, создающего минимум помех в эфире.

При работе с радиостанцией следует помнить, что перестройка ее по частоте требует подстройки П-контура. В режиме передачи в антенне возникает большое напряжение ВЧ, поэтому не следует прикасаться к антенне во время работы передатчика радиостанции.

ПРОСТОЙ ПРИЕМНИК «ЛИСОЛОВА»

Приемник «лисолова» на 3,5 МГц, разработанный в содружестве мастерами спорта международного класса В. Кузьминым, В. Верхотуровым и мастером спорта СССР В. Калачевым, прост по схеме и конструкции, а поскольку он собран в основном на микросхемах — то и в налаживании. В то же время высокие параметры приемника позволяют использовать его в соревнованиях любого масштаба. Чувствительность приемника не хуже 50 мкВ/м (при отношении сигнал/шум, равном 3); отношение принимаемых сигналов вперед/назад при кардиоидной диаграмме направленности антенн не менее 12 дБ; избирательность по соседнему каналу при расстройке ±10 кГц около 20 дБ, избирательность по зеркальному каналу не менее 20 дБ.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 4-17. Это супергетеродин с усилителем ВЧ и однокаскадным усилителем ПЧ.

Усилитель ВЧ, смеситель и гетеродин выполнен на микросхеме MC_1. На вход усилителя (вывод *1* микросхемы MC_1) поступает сигнал от рамочной антенны $Ан_2$ либо комбинации рамочной и штыревой ($Ан_1$) антенн. В первом случае диаграмма направленности системы представляет собой «восьмерку», во втором — кардиоиду. Коммутируются антенны переключателем B_1. Цепь $Др_1$, R_1 служит для получения необходимого для формирования кардиоиды сдвига фазы сигнала штыревой антенны относительно фазы рамочной антенны.

Емкость конденсаторов C_1, C_2 вместе с индуктивностью рамочной антенны образуют колебательный контур, настроенный на середину диапазона.

В гетеродине используется контур $L_1C_6C_7C_9$. Конденсатор C_6 служит для настройки приемника на частоту «лисы».

На контуре L_2C_{12}, подключенном к выходу смесителя (выводы *10* и *12* микросхемы MC_1), выделяется сигнал ПЧ, равный 465 кГц. Через катушку связи L_3 этот сигнал поступает на пьезофильтр $Пф_1$, являющийся фильтром основной селекции приемника и определяющий избирательность по соседнему каналу.

Усилитель ПЧ и детектор собраны на микросхеме MC_2. В усилителе используется контур $L_4C_{19}C_{20}$. Так как в приемниках «лисолова» АРУ не применяется (она «смазывала» бы диаграмму направленности системы), цепь, предназначенная в микросхеме К2ЖА372 для получения сигнала АРУ (вывод *6*), замкнута на общий провод.

В усилителе НЧ приемника использована микросхема MC_3. К выходу усилителя подключен одиночный капсюль $Тф_1$ сопротивлением 1,6 кОм от головных телефонов ТОН-2. В провода, идущие к капсюлю, включены дроссели $Др_2$ и $Др_3$, развязывающие цепи по высокой частоте во избежание искажения диаграммы направленности системы (неразвязанные провода могут играть роль своеобразных паразитных антенн).

Для приема телеграфных сигналов «лис» служат телеграфный гетеродин на транзисторе T_3 и тонгенератор, собранный по схеме мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2. Сигнал телеграфного гетеродина смешивается с сигналом ПЧ в детекторе, в результате чего образуются низкочастотные биения. Связь гетеродина с детектором — через емкости монтажа. Сигнал же тонгенератора модулирует колебания ПЧ.

В приемнике применены широко распространенные детали: постоянные резисторы МЛТ-0,125, переменный (R_{17}) СП3-4аМ, постоянные конденсаторы КМ или КЛС, электролитические К50-6, переменный (C_6) КПВ. Переключатели МТ-1.

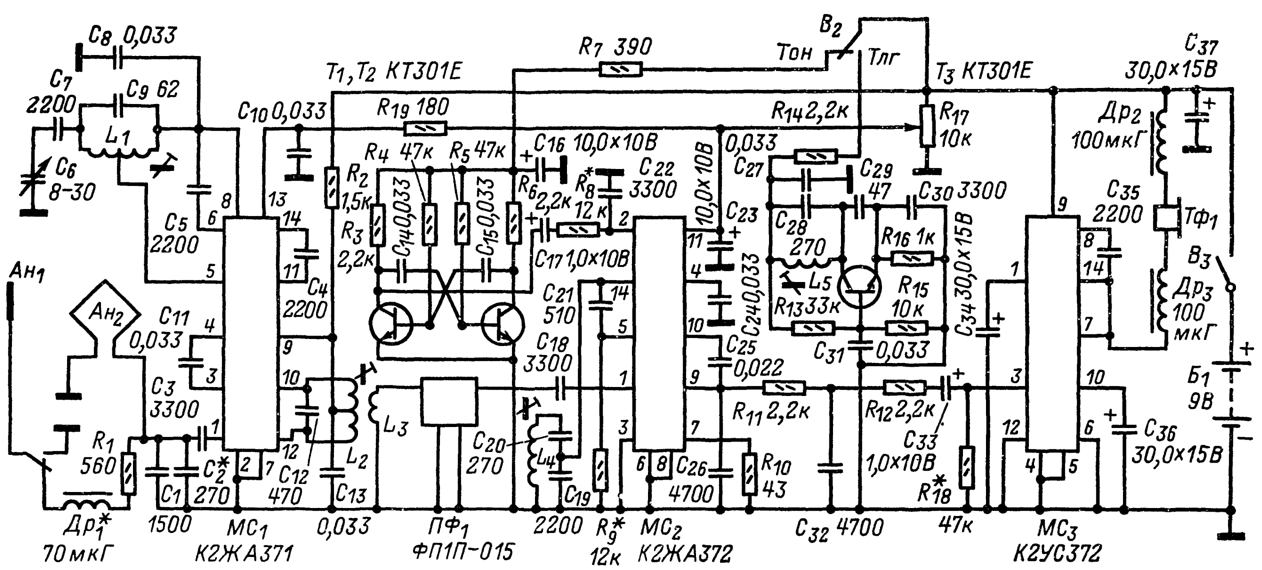


Рис. 4-17. Принципиальная схема приемника.

Катушки приемника намотаны на трехсекционных каркасах от контура ФСС приемника «Соната» и помещены в броневые сердечники из феррита 600НН. Намоточные данные катушек приведены в табл. 4-5.

Таблица 4-5

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	45+15	ПЭЛШО 0,1
L_2	2×80	ПЭВ-1 0,1
L_3	40	ПЭВ-1 0,1
L_4	99	ПЭВ-1 0,06
L_5	99	ПЭВ-1 0,06

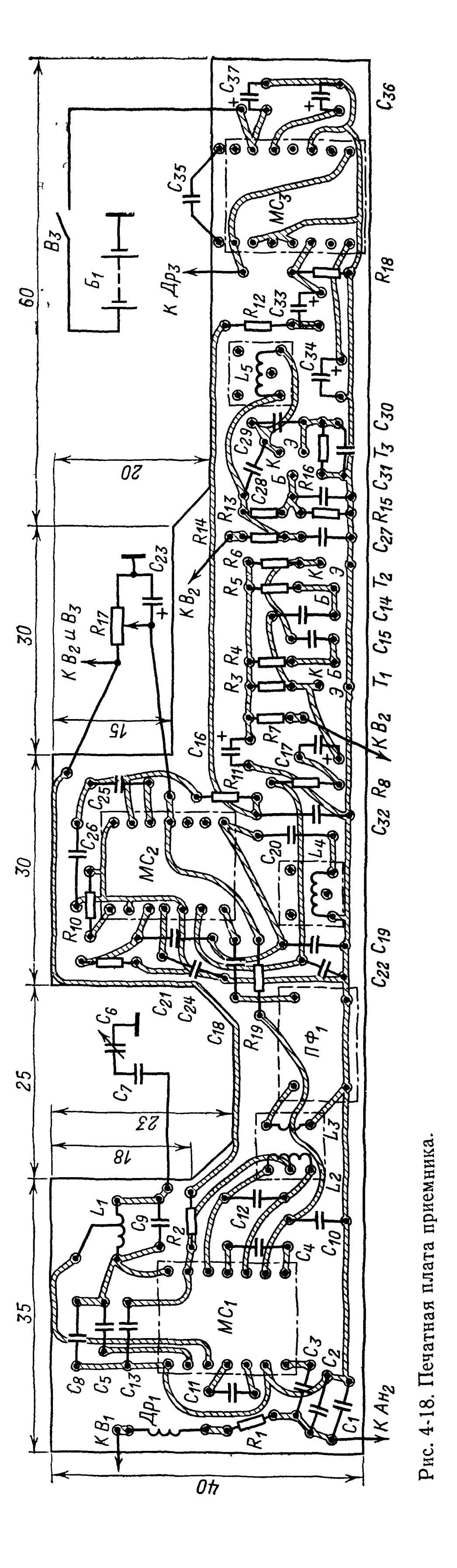


Рис. 4-18. Печатная плата приемника.

Дроссель $Др_1$ — готовый или самодельный, он может быть намотан на типовом каркасе Ч2 из феррита М600НН и содержать 30 витков провода ПЭЛ 0,14, намотанных внавал в трех секциях. Индуктивность дросселей $Др_2$ и $Др_3$ некритична, они могут быть конструктивно выполнены так же, как и $Др_1$, и содержать по 50—60 витков.

Смонтирован приемник на печатной плате, чертеж которой приведен на рис. 4-18. Плата помещена в корпус, согнутый из листового алюминия толщиной 1,5 мм. Размеры корпуса 195×45×30 мм. Корпус закрывается крышкой и герметизируется резиновыми прокладками. На боковую стенку корпуса выведены оси конденсатора C_6 «Настройка» и резистора R_{17} «Регулировка усиления». На этой же стенке смонтированы переключатели антенн B_1 и рода работы B_2 «Тон»—«Телеграф», а также выключатель питания B_3. Такое расположение органов управления обеспечивает удобство при работе с приемником.

Антенная система, примененная в приемнике, взята от широко распространенного спортивного пеленгатора «лис» заводского изготовления. Однако ее можно изготовить и самостоятельно.

Рамочная антенна представляет собой виток изолированного провода (например, МГШВ 0,35), помещенного в электростатический экран — дюралюминиевую трубку диаметром 10 мм с толщиной стенки 1 мм, согнутую в незамкнутое кольцо с внешним диаметром 300 мм. Концы трубки зафиксированы на расстоянии 3 мм друг от друга пластиной из диэлектрика (гетинакса, органического стекла и т. п.). Концы провода антенны выводят сквозь отверстия, просверленные в экране и корпусе приемника, и припаивают к печатной плате. Экран прикрепляют к корпусу любым способом, обеспечивающим механически прочное соединение. Все отверстия герметизируют, чтобы исключить возможность попадания влаги внутрь экрана или корпуса.

Штыревая антенна (ее общая длина 600—700 мм) может быть составной. Одна ее часть, укрепленная на экране рамочной антенны (электрически изолированная от нее!) выполнена из дюралюминиевой трубки диаметром 6 мм, внешняя — из стальной ленты от измерительной рулетки. При транспортировке приемника внешнюю часть сворачивают в кольцо или складывают, притягивая к корпусу приемника, что уменьшает его габариты.

Настройку приемника, как обычно, начинают с проверки работоспособности усилителя НЧ. Для этого к выводу *3* микросхемы MC_3 подключают через конденсатор емкостью 10—50 мкФ выход звукового генератора (любого типа), а к выводу *7* — осциллограф или милливольтметр. Проверяют работу усилителя на той частоте, на которой спортсмен обычно принимает телеграфные сигналы (она индивидуальна для каждого

спортсмена и может составлять от 300—400 Гц до 1—1,5 кГц) Максимальная амплитуда сигнала на этой частоте должна быть не менее 3 В В случае необходимости амплитуду устанавливают подбором резистора R_{18} Сопротивление этого резистора может также влиять на линейность усилителя, поэтому его следует менять лишь в пределах, не вызывающих заметных на слух искажений сигнала

При налаживании усилителя НЧ следует обратить особое внимание на аккуратность подключения измерительных приборов к его входу и выходу, так как случайное замыкание выводов микросхемы может вывести ее из строя

В дальнейшем налаживают усилитель ПЧ, предварительно отключив питание от телеграфного гетеродина и тонгенератора На вывод *1* микросхемы $МС_2$ подают ВЧ сигнал частотой 465 кГц, глубиной модуляции 80% и амплитудой 10—30 мкВ Регулятор усиления (резистор R_{17}) устанавливают в положение максимального усиления Настраивают в резонанс контур $L_4C_{19}C_{20}$ по максимуму сигнала на выходе детектора (выводе *9* микросхемы $МС_2$) После этого подбирают резистор R_9, также добиваясь максимального усиления

При налаживании телеграфного гетеродина настраивают его контур L_5C_{28} на частоту, близкую к промежуточной, так, чтобы получить желаемый тон звукового сигнала При этой настройке также подают на вход усилителя ПЧ сигнал частотой 465 кГц, но немодулированный, а к выходу усилителя НЧ подключают телефон

Налаживание тонального генератора заключается в подборе резистора R_8 так, чтобы получить амплитуду сигнала, достаточную для глубокой модуляции ПЧ сигнала

Налаживание высокочастотных каскадов начинают с настройки контура L_2C_{12} на среднюю частоту полосы пропускания фильтра $Пф_1$ при отключенной (или замкнутой накоротко) катушке L_1 Затем восстанавливают соединения этой катушки и настраивают контур гетеродина $L_1C_6C_7C_9$ так, чтобы получить необходимый диапазон перестройки приемника (3,5—3,65 МГц) При этом можно использовать ГСС или, в крайнем случае, ориентироваться по принимаемым сигналам любительских радиостанций

Входной контур $Ан_2C_1C_2$ настраивают на середину диапазона подбором конденсатора C_2

В заключение фазируют антенну $Ан_1$ подбором резистора R_1, изменяя в случае необходимости число витков дросселя $Др_1$ так, чтобы получить кардиоидную диаграмму направленности при включенной штыревой антенне Для этого на открытой местности (важно, чтобы на ней отсутствовали близко расположенные большие металлические предметы — железобетонные здания, мосты, линии электропередачи и т п) устанавливают «лису», ГСС с подключенной к выходу антенной или любой другой источник сигнала Устанавливают приемник на расстоянии 200—300 м от источника сигнала так, чтобы перпендикуляр к плоскости рамки был направлен на этот источник Подбором фазы добиваются, чтобы в диаграмме направленности был глубокий минимум (амплитуда сигнала на выходе приемника должна уменьшиться практически до нуля).

После окончания налаживания снимают диаграммы направленности рамочной антенны и комбинации рамочной и штыревой антенн, поворачивая приемник вокруг вертикальной оси на 15—20° и измеряя выходное напряжение при каждом положении

ГЛАВА ПЯТАЯ

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

ИСПЫТАТЕЛЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Одним из первых измерительных приборов, необходимых радиолюбителю при подборе деталей для будущей конструкции, является испытатель транзисторов Надобность проверки транзисторов до установки в конструируемое радиотехническое устройство объясняется значительным разбросом их параметров

Прибор, предложенный читателям журнала «Радио» инженером В Ковальковым, позволяет измерять статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}$, начальные токи и входное сопротивление $R_{вх}$ маломощных транзисторов разных структур в различных режимах, а также проверять влияние режима работы транзистора на его параметры Коэффициент передачи тока и входное сопротивление измеряются при подаче на базу транзистора переменного напряжения частотой 1000—2000 Гц

Принципиальная электрическая схема описываемого испытателя транзисторов изображена на рис 5-1 Прибор содержит простейший стабилизатор напряжения (транзистор T_1), ограничитель тока (транзистор T_2), потребляемого проверяемым транзистором, генератор синусоидальных колебаний (транзисторы T_3, T_4), усилитель (транзисторы T_5, T_6) с выпрямителем (диод $Д_2$) и измерительный прибор $ИП_1$ Проверяемый транзистор $T_{пров}$ подключают к зажимам «*Б*», «*Э*», «*К*»

Коммутация цепей прибора, соответствующая структуре проверяемого транзистора и режиму измерения его параметров, осуществляется переключателями B_1—B_4 Переключатели B_2—B_4 конструктор назвал «кодовыми», так как ими устанавливают программу измерений в виде кодов измерительных операций (табл 5-1)

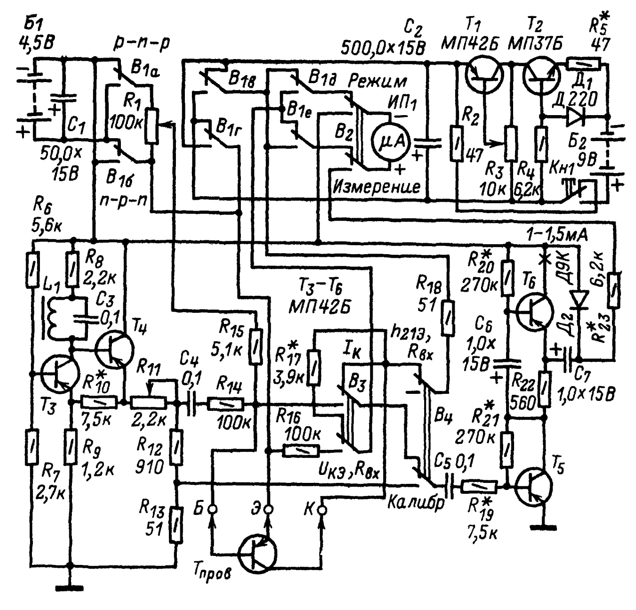


Рис 5-1 Принципиальная схема испытателя транзисторов

6*

Таблица 5-1

Измерительная операция	Код (B_2, B_3, B_1)	Примечание
Контроль пробоя	111	Движок резистора R_1 в нижнем (по схеме) положении
Установка $U_{КЭ}$	101	Напряжение регулируют резистором R_3
Установка $I_К$	111	Ток регулируют резистором R_1
Измерение обратных токов	110	—
Калибровка	010 (000)	Стрелку прибора устанавливают на необходимую отметку шкалы резистором R_{11}
Измерение $h_{21Э}$	011	—
Измерение $R_{вх}$	001	—

За «1» кода принято верхнее (по схеме) положение замыкающих контактов переключателей B_2—B_4, за «О» — нижнее положение этих контактов. Так, например, при измерении параметра $h_{21Э}$ (код 011) переключатель B_2 надо установить в положение «Измерение», переключатель B_3 — в положение «$I_К$», переключатель B_4 — в положение $h_{21Э}R_{вх}$. Переключателем B_1 коммутируют полярность источника питания и микроамперметра в соответствии со структурой проверяемого транзистора.

В измерителе два источника питания. Батарея $Б_1$ (4,5 В) питает транзисторы генератора и усилителя. С нее же через переменный резистор R_1, включенный потенциометром, и резистор R_{15} подается напряжение на базу проверяемого транзистора. Батарея $Б_2$ (9 В) питает коллекторную цепь проверяемого транзистора. Включается она кнопкой $Кн_1$ только на время измерения, что предохраняет от порчи микроамперметр и транзистор при подключении его к измерителю и коммутации цепей.

Ограничитель тока, в котором работает транзистор T_2, служит для защиты проверяемого транзистора на случай неправильного подключения его к зажимам измерительного прибора. Кроме того, благодаря использованию ограничителя, при каждом нажатии на кнопку $Кн_1$ токи через проверяемый транзистор и микроамперметр нарастают плавно за счет заряда электролитического конденсатора C_2. Это защищает микроамперметр от перегрузки при неисправном проверяемом транзисторе или неправильно произведенной коммутации.

Транзистор T_1 стабилизирует напряжение батареи $Б_2$, подаваемое через микроамперметр, контакты переключателя B_1, резистор R_{18} и переключатель B_4 на коллектор проверяемого транзистора. Переменным резистором R_3 это напряжение можно изменять от нуля до напряжения батареи $Б_2$. Ток базы проверяемого транзистора регулируют переменным резистором R_1.

Генератор, собранный на транзисторах T_3 и T_4, генерирует синусоидальные колебания, частота которых (1000—2000 Гц) определяется параметрами контура L_1C_3. Положительная обратная связь между коллектором и эмиттером транзистора T_3 благодаря которой генератор возбуждается, осуществляется через эмиттерный переход транзистора T_4 и делитель $R_{10}R_9$. Через переменный резистор R_{11}, конденсатор C_4 и резистор R_{14} сигнал генератора подается на базу проверяемого транзистора. Часть же напряжения этого сигнала, снимаемая с делителя $R_{12}R_{13}$, подается к переключателю B_4 и используется для калибровки прибора.

Выходное напряжение генератора регулируют переменным резистором R_{11}.

Роль усилителя измерителя выполняет транзистор T_5, динамической нагрузкой которого служит транзистор T_6. Для повышения температурной стабильности усилителя используется отрицательная обратная связь через резистор R_{21}. Усиленный сигнал выпрямляется диодом $Д_2$ и через резистор R_{23} и переключатель B_2 подается к измерительному прибору $ИП_1$.

Для генератора и усилителя испытателя желательно использовать транзисторы со средним коэффициентом передачи тока (40—50) и возможно малыми токами коллекторных переходов, что повышает температурную стабильность этих узлов измерителя. Микроамперметр может бать на ток полного отклонения стрелки до 50—100 мкА. Переключатели: B_1 — движковый, от приемника «Сокол», B_2—B_4 — тумблеры на два положения и два направления, например, ТВ2-2, кнопка $Кн_1$ типа КМ1-1. Резисторы R_{12} и R_{13} — прецизионные или предварительно отобранные МЛТ. Желательно, чтобы резисторы R_{14} и R_{18} были высокостабильными, например типа БЛП или УЛИ с отклонением от номинала $\pm 1\%$.

Контурную катушку L_1 генератора, содержащую 300 витков провода ПЭЛШО 0,1, наматывают на сердечнике из феррита марки М1000НМ или М2000НМ типоразмера К10×6×4,5.

Испытатель может быть самостоятельной конструкцией, приставкой к авометру или вмонтированным в его корпус.

Описанный здесь прибор вмонтирован в авометр Ц435. Его батарея 3336Л, занимающая значительный объем, заменена тремя элементами 332 ($Б_1$) и батареей «Крона» ($Б_2$). Галеты переключателя работы авометра, рассчитанные на три положения, заменены галетами на пять положений и их четвертое и пятое положения выполняют роль тумблера B_2.

В таком приборе ток коллектора $I_К$ проверяемого транзистора можно устанавливать от 0 до 10 мА, а напряжение $U_{КЭ}$ — от 0 до 8 В. Вся шкала микроамперметра авометра соответствует наибольшему значению параметра $h_{21Э}$, равному 100. Шкала параметра $R_{вх}$ из-за влияния входного сопротивления усилителя неравномерна — сжата в конце диапазона. Максимальное измеряемое входное сопротивление $R_{вх\,макс} = 15$ кОм. В связи с тем, что входное сопротивление транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, обычно не превышает 5 кОм, численное значение параметра $h_{21Э}$ считывают на «растянутом» участке шкалы.

Налаживание измерителя начинают с ограничителя тока. Для этого транзистор T_1 временно удаляют, коллектор транзистора T_2 через миллиамперметр соединяют непосредственно с положительным полюсом батареи $Б_2$, а резистор R_5 заменяют магазином сопротивлений. Сопротивление магазина уменьшают от 500 Ом до такого значения, при котором коллекторный ток транзистора T_2 достигает максимального тока ограничителя, равного

$$I_{огр.макс} = \frac{U_{Д1} - U_{БЭт2}}{R_5},$$

где $U_{Д1}$ и $U_{БЭт2}$ — напряжения на диоде $Д_1$ и эмиттерном переходе транзистора T_2 ($U_{БЭт2} < U_{БЭт2\,макс}$). В каскад ограничения тока включают резистор, близкий по номиналу введенной части магазина сопротивлений, и впаивают транзистор T_1.

Налаживание генератора сводится к подбору резистора R_{10}. Его сопротивление должно быть таково, чтобы колебания генератора были устойчивыми и неискаженными. Контроль можно осуществлять по осциллографу, подключенному, например, параллельно делителю $R_{12}R_{13}$.

Далее налаживают усилитель. Сначала подбором резистора R_{20} или R_{21} на эмиттере транзистора T_6, являющемся выходом усилителя, устанавливают напря-

жение, равное половине напряжения батареи $Б_1$. Затем дополнительно подбирая эти резисторы так, чтобы отношение их сопротивлений оставалось одинаковым, устанавливают коллекторный ток транзисторов в пределах от 1 до 1,5 мА. Затем к выходу усилителя вместо диода $Д_2$ подключают осциллограф и при минимально возможном напряжении батареи $Б_1$ с генератора на вход усилителя подают максимальное калибровочное напряжение (движок резистора R_{11} в крайнем левом, по схеме, положении). Подбирая сопротивление резистора R_{19}, добиваются исчезновения нелинейных искажений на выходе усилителя. Далее впаивают обратно диод $Д_2$ и подбирают резистор R_{23}. Сопротивление этого резистора должно быть таким, чтобы при наибольшем калибровочном напряжении стрелка микроамперметра $ИП_1$ отклонялась до последней отметки шкалы.

Если измеритель транзисторов выполнен в виде самостоятельной конструкции и его микроамперметр не имеет шкалы переменных напряжений, необходима калибровка прибора для измерения параметра $h_{21Э}$. Для этого вместо резистора R_{13} делителя $R_{12}R_{13}$ включают магазин сопротивлений (желательно со средней точкой), набирают код 000 и при максимальном напряжении батареи $Б_1$ стрелку прибора устанавливают на последнюю отметку шкалы. Затем, изменяя сопротивление магазина от 50 Ом до 0, градуируют шкалу.

Отградуировать прибор для измерения параметра $R_{вх}$ можно, включив между зажимами «Б» и «Э» магазин сопротивлений, который будет выполнять роль входного сопротивления проверяемого транзистора.

Проверку транзистора, подключенного к измерителю, начинают с контроля на пробой При этом движок резистора R_1 должен находиться в нижнем (по схеме) положении. База проверяемого транзистора через резистор R_{15} подключена к эмиттеру. При нажатии на кнопку $Кн_1$ через резистор R_{18} протекает небольшой обратный ток коллектор-эмиттер $I_{КЭR}$. Значение этого тока фиксирует макроамперметр $ИП_1$, подключенный через резистор R_{17} параллельно R_{18}. Сопротивление резистора R_{17} выбрано таким, что при протекании максимально возможного коллекторного тока $I_{Кмакс}$ проверяемого транзистора стрелка микроамперметра отклонялась на всю шкалу. Как правило, $I_{Кмакс} \gg I_{КЭR}$, поэтому при проверке на пробой исправного транзистора стрелка прибора почти не отклонится. Более точно начальный ток $I_{КЭR}$ можно измерить, переведя переключатель $В_4$ в положение «Калибр».

При измерении напряжения $U_{КЭ}$ (код 101) измеряют не само напряжение между коллектором и эмиттером проверяемого транзистора, а выходное напряжение стабилизатора $U_{пит}$, что сделано с целью упрощения коммутации цепей прибора. Более точно $U_{КЭ}$ можно определить по формуле

$$U_{КЭ} = U_{пит} - I_К R_{18}.$$

Как видно из этой формулы, даже при максимальном токе коллектора (10 мА) напряжение $U_{пит}$ отличается от $U_{КЭ}$ всего на 0,5 В. Поэтому можно считать $U_{пит} \approx U_{КЭ}$. Необходимое напряжение $U_{КЭ}$ устанавливают резистором R_3, а коллекторный ток проверяемого транзистора — резистором R_1.

При измерении обратных токов проверяемого транзистора (код 110) зажим для подключения вывода его базы не используется. Для определения обратного тока коллектор-эмиттер $I_{КЭО}$ вывод базы транзистора соединяют с выводом эмиттера. Ток транзистора $I_{КЭО}$ измеряют при неподключенном выводе базы. При измерении обратного тока эмиттерного перехода $I_{ЭБО}$ вывод эмиттера подключают к зажиму «К», а выводы базы к зажиму «Э» При этом необходимо помнить, что для большинства маломощных высокочастотных транзисторов напряжение, подаваемое на них, не должно превышать 2—3 В. Обратный ток коллекторного перехода $I_{КБО}$ измеряют аналогичным образом (вывод коллектора подключают к зажиму «К», а вывод базы — к зажиму «Э»).

Перед измерением параметра $h_{21Э}$ (код 010) прибор калибруют. При этом переменное напряжение на выходе усилителя, поступающее на его вход с делителя $R_{12}R_{13}$, выпрямляется диодом $Д_2$ и его постоянная составляющая подается на прибор $ИП_1$. Регулируя выходное напряжение генератора резистором R_{11}, устанавливают стрелку прибора против последней или средней отметки шкалы. В первом случае измеритель калибруется на $h_{21Эмакс} = 100$, во втором — на $h_{21Эмакс} = 200$.

Во время измерения $h_{21Э}$ выходное напряжение генератора через резистор R_{14} поступает непосредственно на базу проверяемого транзистора. При этом падение напряжения на резисторе R_{18}, измеряемое прибором, пропорционально коэффициенту передачи тока транзистора.

Влияние режима работы проверяемого транзистора на его параметр $h_{21Э}$ можно оценить, изменяя ток коллектора $I_К$ резистором R_1 или напряжение $U_{КЭ}$ резистором R_3. Это позволит оценить стабильность коэффициента передачи каскада, собранного на этом транзисторе: чем больше изменяется $h_{21Э}$, тем менее стабилен будет коэффициент передачи будущего каскада.

Параметр $R_{вх}$ проверяемого транзистора определяют по шкале для измерения $h_{21Э}$, так как входное напряжение усилителя $U_{вх}$ пропорционально входному сопротивлению транзистора. При сопротивлении резистора $R_{14} = 100$ кОм вся шкала прибора соответствует $R_{хв\,макс} = 5$ кОм, если прибор откалиброван на $h_{21Эмакс} = 100$, и $R_{вх\,макс} = 10$ кОм, если прибор откалиброван на $h_{21Эмакс} = 200$.

При низком входном сопротивлении усилителя напряжение $U_{вх}$ не будет пропорционально $R_{вх}$ проверяемого транзистора и пользоваться шкалой $h_{21Э}$ нельзя. В этом случае потребуется дополнительная градуировка прибора.

МНОГОПРЕДЕЛЬНЫЙ ОММЕТР

Измерение малых и больших сопротивлений связано с определенными трудностями. Вызвано это тем, что при небольших сопротивлениях (омы и доли ома) стрелка обычного омметра отклоняется почти до конца шкалы. Становится невозможным отличить короткое замыкание от небольшого сопротивления. При измерениях больших (мегаомы и выше) сопротивлений стрелка омметра отклоняется настолько незначительно, что трудно бывает отличить обрыв цепи от сопротивления резистора в несколько мегаом.

Включение добавочных источников питания с повышенным напряжением при измерении больших сопротивлений неудобно и все равно не дает возможности измерить большие сопротивления порядка гигаом.

Предлагаемый прибор, разработанный башкирским радиолюбителем А. Благовещенским, позволяет измерять сопротивления от 0,1 Ом до 10 МОм на пяти пределах измерения с одним источником питания. Шкала прибора нелинейна, но это не создает больших неудобств, так как, переключая пределы измерений, всегда можно выбрать участок шкалы с достаточно удобным расположением делений. В основу работы прибора положен принцип сравнения токов через образцовые резисторы и токов при подключении к ним резисторов, сопротивление которых нужно измерить

Питается прибор от сети 220 В, потребляемый ток не превышает 30 мА Благодаря тому что токи и напряжения на щупах небольшие, прибором можно

Таблица 5-2

Предел	Множитель шкалы	$I_{к.з}$, мА	$U_{х.х}$, В
1	1	10	0,1
2	10	1	0,1
3	10^2	0,1	0,1
4	10^3	0,1	1
5	10^4	0,1	10

пользоваться для измерений в устройствах почти на всех типах транзисторах, за исключением некоторых полевых. Даже при коротком замыкании щупов токи через них не превышают указанных в табл. 5-2. В этой же таблице приведены также напряжения на разомкнутых щупах на всех пяти пределах измерений.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 5-2), прибор содержит стабилизированный по напряжению блок питания, стабилизатор рабочего тока и собственно измерительный прибор (измерительную головку) с набором шунтов и добавочных резисторов.

Напряжение сети через выключатель $В_1$ поступает на первичную обмотку разделительного трансформатора $Тр_1$. Конденсатор C_1 служит в качестве гасящего реактивного сопротивления, а резистор R_2 выполняет роль предохранителя. Индикатором включения служит неоновая лампочка $Л_1$ с добавочным резистором R_1. Со вторичной обмотки разделительного трансформатора напряжение питания поступает на выпрямительный мост — диоды $Д_1$—$Д_4$. Конденсатор C_2 выполняет роль простейшего фильтра пульсаций выпрямленного напряжения. Для нормальной работы прибора необходимо стабилизированное напряжение питания. Для этой цели служат стабилитроны $Д_5$, $Д_6$.

Несмотря на то что напряжение на вторичной обмотке трансформатора питания в установившемся режиме не превышает 25 В, в мостовом выпрямителе необходимо использовать диоды, выдерживающие полное напряжение сети. Вызвано это тем, что в момент включения напряжение на вторичной обмотке может равняться напряжению сети.

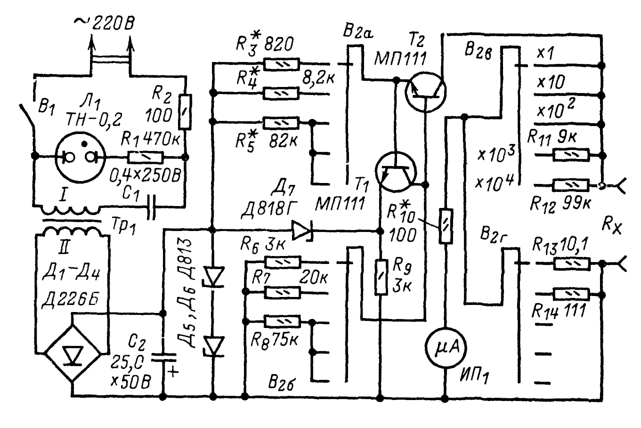


Рис. 5-2. Принципиальная схема омметра.

Прибор можно питать и от батарей, например от трех «Крон», соединенных последовательно. При этом стабилизатор необходимо оставить. Можно питать прибор и от одной батареи 3336Л через простейший преобразователь, с помощью которого увеличивают напряжение питания до 25—27 В. Стабилизатор напряжения питания необходим и в этом случае.

Стабилизатор рабочего тока выполнен на транзисторах T_1, T_2, стабилитроне $Д_7$ и резисторах R_3—R_9. Микроамперметр $ИП_1$ с добавочными резисторами R_{10}—R_{12} и шунтами R_{13}, R_{14} составляют собственно измерительную часть омметра. Для облегчения градуировки шкалы сопротивление добавочного резистора R_{10} в сумме с сопротивлением рамки прибора должно составлять 1 кОм. Шкалу рассчитывают по формуле

$$I = \frac{I_0 R_x}{n(R + R_x)},$$

где I — ток через микроамперметр, мкА; I_0 — ток стабилизатора тока, мкА; R_x — измеряемое сопротивление, Ом; R — внутреннее сопротивление прибора с

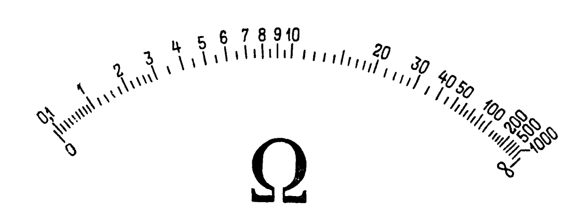


Рис. 5-3. Шкала омметра.

учетом включенных добавочных сопротивлений и шунтов; n — коэффициент деления тока со включенным шунтом.

Для предела $\times 1$ n равно 100; для $\times 10$ — 10; для остальных — 1. Шкала, рассчитанная по этой формуле, приведена на рис. 5-3.

Детали омметра, предварительно проверенные, собирают навесным монтажом. Не закрывая кожуха, налаживают омметр и уточняют градуировку шкалы. Прежде всего проверяют наличие и стабильность напряжения питания. Это следует делать только при полностью собранном выпрямителе со стабилизаторами $Д_5$, $Д_6$. В противном случае может быть пробит конденсатор C_2. На аноде стабилитрона $Д_5$ должно быть постоянное напряжение 23—26 В. При изменении сетевого напряжения от 180 до 250 В напряжение на выходе стабилизатора не должно изменяться более чем на ±0,5 В от первоначального значения.

После того как источник питания будет давать необходимые напряжения, приступают к налаживанию стабилизатора тока. Для этого в коллекторную цепь транзистора T_2 включают миллиамперметр, рассчитанный на ток до 10 мА, и последовательно с ним резистор сопротивлением 1 кОм. Переключатель пределов измерений должен быть установлен в положение «×1». После этого стабилизатор тока подключают к источнику питания и подбором резистора R_3 добиваются, чтобы ток в коллекторной цепи T_2 (на выходе стабилизатора тока) был равен 10 мА и при замыкании накоротко резистора в 1 кОм изменялся бы не более чем на 1%.

Аналогично налаживают прибор и на пределах «×10» и «×100» подбором резисторов R_4 и R_5 при соответствующих положениях переключателя $В_2$. Показания миллиамперметра в этом случае должны быть соответственно 1,0 и 0,1 мА, а следовательно, с миллиамперметром должны быть включены резисторы сопротивлением 10 и 100 кОм.

Затем переходят к налаживанию прибора в целом. Особое внимание следует уделить выбору резисторов R_{10}—R_{14}. Их сопротивления лучше всего подгонять с помощью точного моста сопротивлений. При отсутствии измерительного моста подбор резисторов начинают с R_{10}. Соединяют последовательно резистор R_{10} и микроамперметр $ИП_1$ и параллельно им подключают вольтметр с пределом измерений 0,3 В. На эту цепочку подают напряжение 0,1 В и подбирают сопротивление ре-

зистора R_{10}, добиваются, чтобы стрелка микроамперметра установилась на отметке ∞ (ток 100 мкА). Затем последовательно к R_{10} подсоединяют R_{11} (предел «$\times 10^3$») и на эту цепочку подают напряжение 1 В. Параллельно этой цепочке надо подключить вольтметр на пределе 3 В. Подбирая резистор R_{11}, опять добиваются, чтобы через $ИП_1$ проходил ток 100 мкА. Аналогично подбирают резистор и на пределе «$\times 10^4$».

В положениях переключателя $В_2$ «$\times 1$» и «$\times 10$» подбирают соответственно резисторы R_{13} и R_{14} таким образом, чтобы стрелка микроамперметра точно устанавливалась на отметке ∞.

Вольтметр и миллиамперметр, которые используются при налаживании, должны быть возможно более высокого класса.

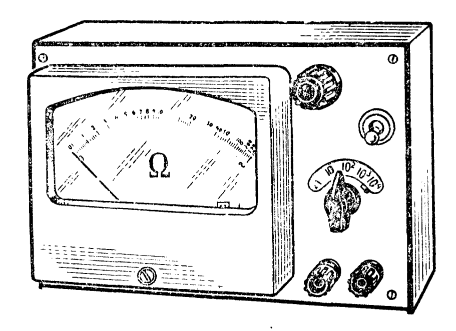


Рис. 5-4. Внешний вид омметра.

Налаженный омметр должен на всех пределах при разомкнутых щупах давать показания ∞ и при замкнутых — 0. Точность измерений проверяют с помощью магазина сопротивлений или по образцовым резисторам. Несоответствие показаний омметра измеряемой величине указывает на неточность в установке тока стабилизатора или в подборе резисторов линий измерительной цепи.

Омметр собран в металлическом корпусе размерами 180×120×60 мм (рис. 5-4). В приборе использован микроамперметр типа М265 с током полного отклонения 100 мкА. Длина шкалы прибора 95 мм, класс точности 1,0. Измерителем может служить и микроамперметр типа М24 с этими же параметрами.

Транзисторы МП111 можно заменить на КТ312Б, КТ315А, КТ315В или КТ315Г. Резисторы R_{10}, R_{13} и R_{14} можно изготовить из манганинового или константанового провода. Диоды Д226Б можно заменить любыми другими, рассчитанными на прямой ток до 50 мА и обратное напряжение не менее 300 В. Трансформатор питания $Тр_1$ имеет магнитопровод из пластин *Ш10*, толщина набора 10 мм. Первичная и вторичная обмотки содержат по 1200 витков провода ПЭВ-1 0,15. Выключатель $В_1$ — обычный тумблер, переключатель $В_2$ — малогабаритный галетный типа 5П4НПМ.

СИГНАЛ-ГЕНЕРАТОР

Генераторы радиочастотных сигналов широко используются в практике радиоизмерений.

Радиолюбители разработали большое число конструкций таких приборов. Здесь описывается один из них, созданный И. Уткиным (г. Горький). Принципиальная схема генератора несложна, в нем не используются дефицитные детали, конструкция генератора удобна для повторения в радиолюбительских условиях.

Генератор собран на транзисторах, питается от батареи «Крона» или от сети и поэтому может быть использован как в стационарных условиях, так и в качестве переносного. Напряжение питания прибора 9 В. При питании от сети потребляемая мощность равна 1,1 Вт, при питании от батарей — 0,9 Вт.

Сигнал-генератор предназначен для настройки радиоприемных устройств, отдельных контуров, генераторов и других подобных приборов, рассчитанных на работу в диапазоне от 140 кГц до 30 МГц. Этот диапазон разбит на шесть поддиапазонов, взаимно перекрывающихся: 140—330; 315—780; 715—1800 кГц; 1,6—4,6; 4,4—12,5; 11,3—30 МГц.

На выходе генератора может быть получен синусоидальный немодулированный сигнал напряжением 100 мВ или промодулированный сигнал. Частота модулирующего напряжения равна 1 кГц; напряжение вырабатывается внутренним низкочастотным генератором. Максимальная глубина модуляции ВЧ сигнала на частотах до 11 МГц составляет примерно 60%, на более высоких частотах — 80%. Глубину модуляции можно плавно изменять на любом поддиапазоне. Габариты прибора 210×120×65 мм, масса прибора с высокочастотным кабелем длиной 1 м и аттенюатором не превышает 1,7 кГ.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 5-5. Основа прибора — задающий генератор. Он собран на двух транзисторах ($Т_1$ и $Т_2$). Резистор R_3 и конденсатор $С_5$ в цепи базы транзистора $Т_2$ служат для получения более равномерной амплитуды сигнала генератора в заданном диапазоне частот. Уровень напряжения на выходе генератора устанавливают резистором R_6. Контур, определяющий частоту настройки генератора, образуют конденсаторы $С_3$ и $С_4$ вместе с одной из катушек L_1—L_6. Переключение поддиапазонов осуществляется переключателем $В_1$, посредством которого грубо изменяется частота настройки. Плавное изменение генерируемой частоты внутри каждого поддиапазона производится переменным конденсатором $С_4$.

Эмиттерный повторитель на транзисторе $Т_3$ служит для того, чтобы развязать генератор и выходные и измерительные цепи, а также улучшить стабильность частоты и равномерность амплитуды.

С переменного резистора R_6 напряжение ВЧ снимается на выходные гнезда прибора и на выпрямитель $Д_1$, $Д_2$. Выпрямленное напряжение подается на измерительный прибор $ИП_1$, с помощью которого измеряют выходное напряжение высокочастотного генератора.

Выносной аттенюатор (резисторы R_{18}—R_{25}) позволяет изменять выходное напряжение генератора в 10, 100, 1000 и 10 000 раз.

Модулятор собран по схеме *RC*-генератора на транзисторе $Т_4$, уровень модулирующего напряжения, а следовательно, и глубину модуляции регулируют переменным резистором R_{15}. Выключатель $В_2$ служит для подачи питания на модулятор.

Генератор и модулятор питаются либо от сети через выпрямитель, собранный на диодах $Д_4$—$Д_7$ по мостовой схеме, либо непосредственно от батареи $Б_1$. При сетевом питании напряжение стабилизируется посредством простейшего стабилизатора на транзисторе $Т_5$ и стабилитроне $Д_3$. Напряжение питания можно контролировать с помощью того же прибора $ИП_1$, нажав кнопку $Кн_1$.

Сигнал-генератор собран в корпусе из дюралюминия толщиной 3 мм. Прибор имеет ручку для переноски, служащую одновременно и подставкой, которая позволяет установить прибор в рабочем положении под некоторым углом. Это создает определенные удобства при эксплуатации.

На передней панели размещены все органы управления прибором, гнездо для подключения соединительного кабеля с выносным делителем, внешнего модулятора и заземления. На передней панели вырезаны окна для шкалы измерительного прибора $ИП_1$ и шкалы настройки прибора. Передняя панель закрыта фальшпанелью из дюралюминия толщиной 1,5 мм с выгравированными надписями. Фальшпанель укреплена на стойках. Расстояние между передней и фальшпанелью вы-

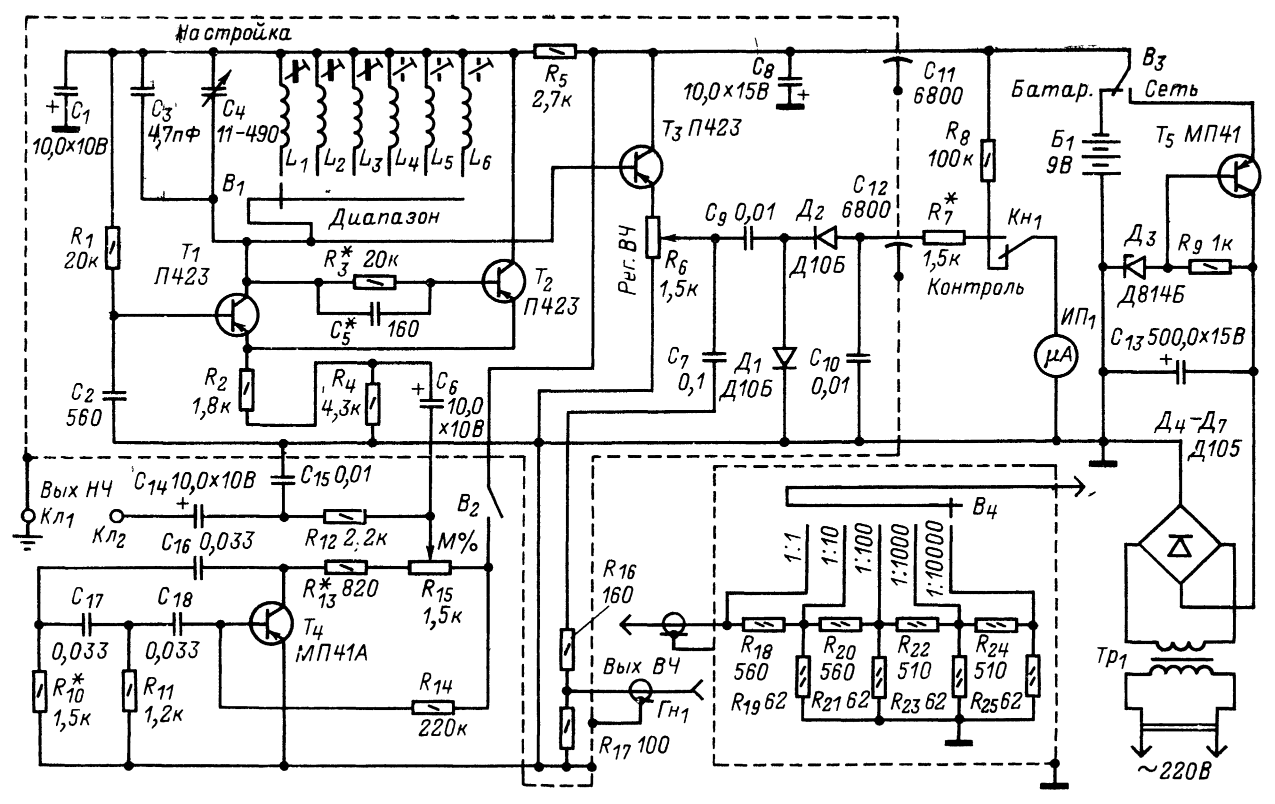


Рис. 5-5. Принципиальная схема генератора.

брано таким, чтобы в этом промежутке можно было разместить шкалу настройки генератора и конденсатор переменной емкости C_4. Установка этих деталей имеет некоторую особенность: они не должны иметь электрического контакта с корпусом генератора. Поэтому отверстие для оси конденсатора переменной емкости вырезают диаметром не менее 12 мм.

Принцип устройства верньерно-шкального механизма понятен из рис. 5-6. Ручка настройки генератора укреплена на оси *4*, которая выходит в отверстие в лицевой панели. К оси плотно прилегают два ролика *2*, на боковой поверхности которых проточена канавка глубиной 0,9 и шириной 1,2 мм. В эту канавку заходит край диска шкалы. Саму шкалу *1* с помощью втулки *6* укрепляют на оси *5* конденсатора переменной емкости.

Монтаж сигнал-генератора выполнен на трех платах. На первой размещен задающий генератор с эмиттерным повторителем и выпрямителем для прибора $ИП_1$, на второй — катушки L_1—L_6 и на третьей — модулятор и блок питания (без силового трансформатора). Высокочастотная часть генератора отделена от остального монтажа экраном из листового алюминия толщиной 1 мм. Катушки генератора самодельные. Каркасы катушек выполнены из пластмассы (оргстекло, полистирол). Диаметр каркасов 5 мм, высота 12 мм, внутри каркасов нарезана резьба М 4 для подстроечных сердечников. Диаметр и длину каркасов для катушек L_1—L_3 следует увеличить соответственно до 5,6 и 20 мм, намотав на каркас и приклеив два-три слоя кабельной бумаги Подстроечными сердечниками для катушек L_1—L_3 служат стержни из феррита М600НН, а для катушек L_4—L_6 — карбонильные. Намоточные данные катушек приведены в табл. 5-3.

Трансформатор $Тр_1$ собран на магнитопроводе ШЛ10×20 Первичная (сетевая обмотка) содержит 4450 витков провода ПЭВ-1 0,1, вторичная — 300 витков провода ПЭВ-1 0,33. В генераторе установлены постоянные резисторы МЛТ, переменные СП-I, конденсаторы К50-6, КТ, МБМ, КТП, КЛГ. Измерительным прибором $ИП_1$ служит микроамперметр с током полного отклонения стрелки 100 мкА.

Выносной аттенюатор состоит из резисторов R_{18}—R_{25}. Они смонтированы в латунном корпусе цилиндрической формы длиной 60 и диаметром 16 мм. Толщина стенок корпуса аттенюатора 0,7 мм. На одном из оснований корпуса укреплен пятипозиционный переключатель B_4.

Налаживание прибора начинают с проверки блока питания. Выходное напряжение его должно составлять 8,5—9 В. После того, как будет обеспечено нормальное напряжение питания, приступают к проверке генератора ВЧ. Для этого параллельно резистору R_{17} подключают осциллограф и электронный частотомер. Форма кривой

Таблица 5-3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки
L_1	585	ПЭЛШО 0,1	Многослойная
L_2	255	ПЭЛШО 0,12	»
L_3	100	ПЭЛШО 0,12	»
L_4	56,5	ПЭЛШО 0,12	Двухслойная, виток к витку
L_5	22,5	ПЭВ-1 0,27	Однослойная с шагом 0,15 мм
L_6	6,5	ПЭВ-1 0,55	Однослойная с шагом 0,5 мм

генерируемых колебаний, получаемых с сигнал-генератора, должна быть синусоидальной, без заметных искажений. Если форма сигнала неудовлетворительная, то подбирают резистор R_3 и конденсатор C_5. Ток, потребляемый генератором ВЧ, не должен превышать 5—6 мА. Подгонку частоты генерируемых колебаний на каждом поддиапазоне производят подстроечными сердечниками катушек L_1—L_6. Если пределы изменения индуктивности, достигаемой с помощью подстроечного сердечника, недостаточны для укладки в требуемый диапазон, то приходится отматывать или доматывать витки на той или иной катушке. Если генерация не возникает вовсе, следует подбирать резистор R_1 и конденсатор C_2. Может быть, потребуется заменить транзисторы T_1 и T_2.

Шкалу сигнал-генератора на первых пяти поддиапазонах градуируют при выходном высокочастотном напряжении 100 мВ, на шестом поддиапазоне — при напряжении 80 мВ. Границы частотных поддиапазонов выбирают такими, чтобы обеспечить перекрытие соседних поддиапазонов не менее чем на 5% наивысшей частоты в каждом поддиапазоне. Градуировка осуществляется с помощью образцового частотомера.

Налаживание модулятора сводится к тому, чтобы на его выходе получить неискаженные синусоидальные колебания частотой 1000 Гц уровнем 1,2 В без нагрузки. Подгонка частоты осуществляется резистором R_{10}, а уровень выходного напряжения изменяется резистором R_{13}. Частота и форма модулятора контролируются с помощью осциллографа.

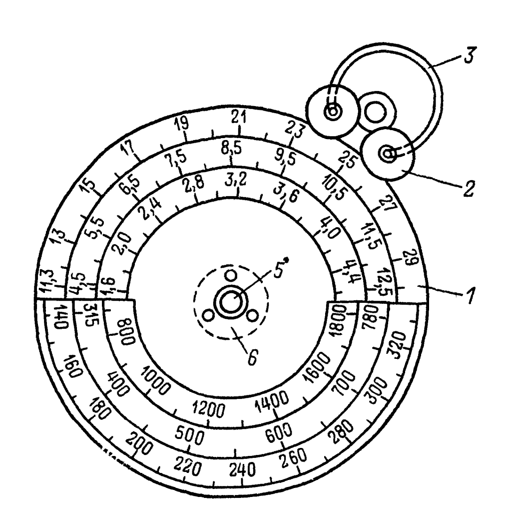


Рис. 5-6. Верньерно-шкальный механизм (3 — пружина, прижимающая ролики к диску).

КАЛИБРАТОР — ГЕНЕРАТОР МЕТОК

В радиолюбительской практике довольно часто возникает необходимость градуировки по частоте того или иного прибора (измерительного генератора, приемника, трансивера), а также периодического контроля точности шкалы. Как правило, в качестве образцового источника в этих случаях используется кварцевый калибратор. Такие калибраторы обычно генерируют сетку частот через 100 кГц (гармоники основной частоты опорного кварца). Однако в ряде случаев (особенно при градуировке спортивной аппаратуры) шкала с ценой деления 100 кГц оказывается слишком грубой.

Харьковским радиолюбителем В. Скрыпником (*UY5DJ*) сконструирован кварцевый калибратор, который помимо гармоник через каждые 100 кГц может генерировать частотные метки через каждые 10 или 2 кГц.

Принципиальная схема калибратора — генератора меток приведена на рис. 5-7. Он представляет собой задающий генератор (собственно калибратор), собранный на транзисторах T_1 и T_2. В цепь обратной связи этих двух каскадов включен кварцевый резонатор $Пэ_1$ на 100 кГц, таким образом генератор работает на частоте последовательного резонанса кварца.

Синусоидальные колебания кварцевого генератора преобразуются в прямоугольные импульсы с частотой повторения 100 кГц. Для этого они через конденсатор связи C_3 подаются на триггер Шмитта, собранный на транзисторах T_3 и T_4. С нагрузки транзистора T_4 (резистор R_{12}) прямоугольные импульсы поступают на дифференцирующую цепочку C_5R_{13} и отрицательными фронтами запускают первый делитель частоты, осуществляющий деление на десять. Делитель представляет собой автоколебательный мультивибратор на транзисторах T_5 и T_6, работающий в режиме внешней синхронизации.

Снятые с нагрузки транзистора T_6 первого делителя (резистор R_{20}) сформированные импульсы с частотой повторения 10 кГц вновь дифференцируются (цепочкой $C_{10}R_{21}$) и отрицательными фронтами запускают второй делитель частоты (аналогичный первому), собранный на транзисторах T_7—T_8, который осуществляет деление на пять. Таким образом, частота повторения импульсов на выходе второго делителя (резистор R_{28}) оказывается равной 2 кГц. Эти импульсы дифференцируются цепочкой $C_{13}R_{29}$.

На выходе калибратора — генератора меток включен импульсный усилитель, собранный на транзисторе T_9. Переключателем B_1 он может подключиться либо к задающему генератору (тогда на выходе устройства будет импульсный сигнал с частотой повторения 100 кГц), либо к первому делителю (частота 10 кГц), либо ко второму (частота 2 кГц). На входе импульсного усилителя включены диоды $Д_1$, $Д_3$ или $Д_5$, поэтому он запускается отрицательными фронтами продифференцирован-

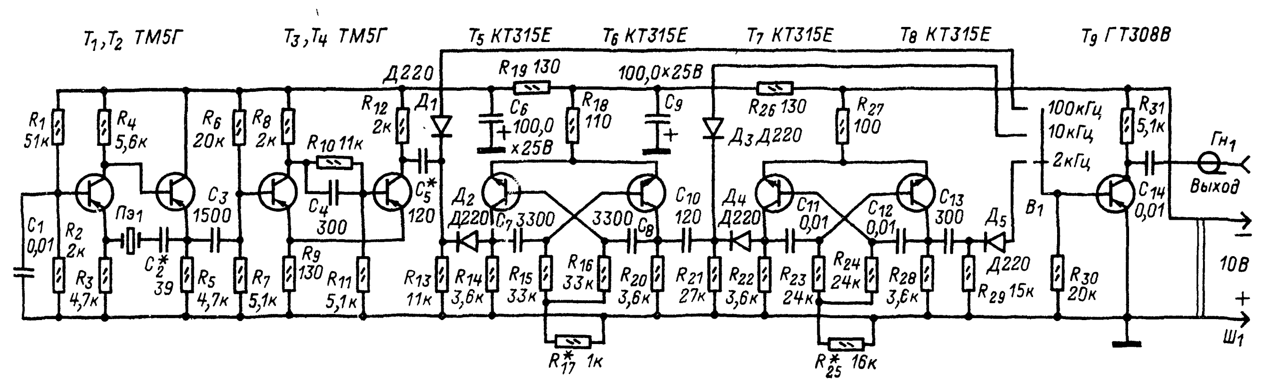


Рис. 5-7. Принципиальная схема калибратора — генератора меток.

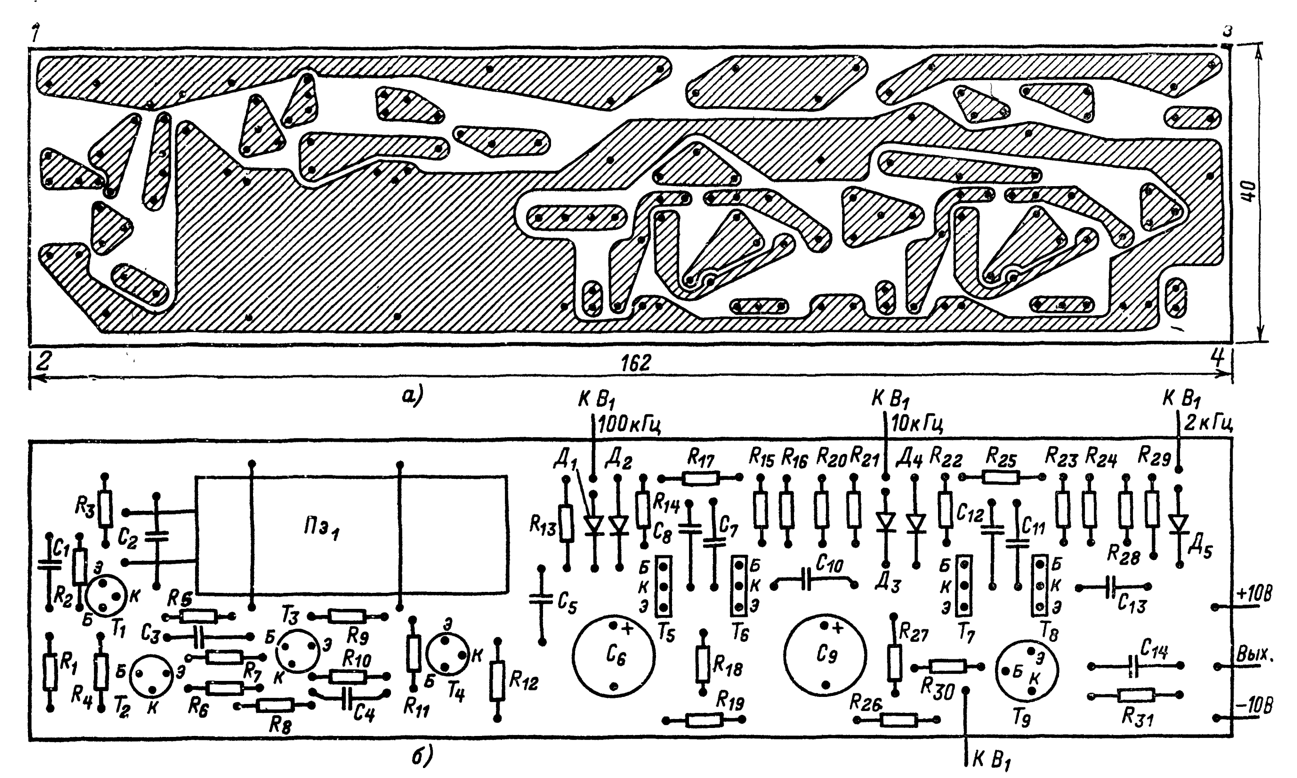


Рис. 5-8. Печатная плата калибратора.

ных сигналов и с приходом импульса вводится в состояние насыщения. На нагрузке усилителя — резисторе R_{31} выделяются импульсы положительной полярности с амплитудой, почти равной напряжению питания, и длительностью несколько микросекунд (при выбранных постоянных времени дифференцирующих цепочек).

Устройство собрано на печатной плате (рис. 5-8) размерами 162×40 мм, изготовленной из фольгированного текстолита. Кварцевый резонатор $Пэ_1$ укреплен на плате двумя хомутиками из проволоки.

Резисторы, примененные в конструкции, — МЛТ-0,125 или УЛМ, конденсатор C_2 — КТК (голубого цвета). Электролитические конденсаторы C_6 и C_9 — К50-6, остальные конденсаторы — КМ и КЛС.

Транзисторы T_1—T_4 германиевые, для микромодульного исполнения. Они могут быть заменены любыми маломощными низкочастотными транзисторами проводимости *р-п-р*. Возможна замена и других транзисторов: T_5—T_8 — на КТ312 или КТ306 с любым буквенным индексом, T_9 — на П416, П403. Вместо Д220 в качестве $Д_1$—$Д_5$ можно использовать также Д101—Д106, Д219, Д311.

Кварцевый резонатор $Пэ_1$ вакуумного типа, однако практически на его месте можно использовать любой кварц на 100 кГц.

Питается устройство от двух батарей 3336Л или стабилизированого выпрямителя.

Налаживание калибратора — генератора меток будет намного облегчено, если радиолюбитель располагает осциллографом и градуированным связным приемником. Однако его можно настроить даже по обычному вещательному приемнику. При этом предварительно отсоединяют диоды $Д_2$ и $Д_4$. Вместо постоянных резисторов R_{17} и R_{25} включают подстроечные с максимальным сопротивлением 15—68 кОм.

При отсутствии ошибок в монтаже и применении исправных деталей задающий генератор и триггер Шмитта налаживания не требуют, необходимо лишь убедиться (при наличии осциллографа) в правильной синусоидальной форме генерируемых колебаний и скорректировать частоту генератора.

Коррекцию частоты очень удобно провести, используя сигнал эталонной частоты одной из радиостанций Государственной службы времени и частоты. Для коррекции требуется приемник, настроенный на частоту выбранной станции службы времени и частоты, телеграфный гетеродин при этом выключают.

Включают калибратор в положение «100 кГц». Подбирая конденсатор C_2, добиваются появления в телефонах приемника нулевых биений между сигналами калибратора и эталонной радиостанции. Это будет соответствовать настройке гармоники калибратора на эталонную частоту, т. е. точной установке частоты кварцевого генератора.

Подобную проверку точности установки частоты следует проводить периодически и в процессе эксплуатации устройства.

Налаживание делителей частоты начинают с проверки наличия автоколебаний. Удобнее это сделать с помощью осциллографа, на экране которого можно наблюдать генерируемые импульсы. При его отсутствии можно подключить к выходу мультивибратора вещательный приемник. При наличии колебания в громкоговорителе приемника будет слышен шум.

При отсутствии автоколебаний подбирают резисторы в эмиттерных цепях R_{18} и R_{27}. Добившись возникновения автоколебаний мультивибратора первого делителя частоты (его частота должна быть меньше 10 кГц и плавно регулироваться изменением подстроечного резистора, включенного вместо R_{17}), восстанавливают соединение диода $Д_2$. Частота при изменении сопротивления подстроечного резистора теперь должна измениться скачкообразно вследствие наличия синхронизации. Устанавливают частоту мультивибратора равной 10 кГц. Проконтролировать ее можно, подсчитав число импульсов между двумя метками 100 кГц: импульсов дол-

жно быть девять.. Эту операцию можно проделать как с помощью осциллографа, так и прослушивая сигналы на приемнике В случае необходимости изменить частоту мультивибратора можно также изменением емкости конденсатора C_5.

Термостабильность работы мультивибратора проверяют, нагревая его до 50—60° С. Частота повторения импульсов не должна изменяться. В противном случае следует заменить один или оба транзистора и повторить налаживание мультивибратора сначала.

Наладив первый делитель частоты, аналогичным способом налаживают второй. Частота колебаний мультивибратора без синхронизации в этом случае должна быть меньше, а при наличии синхронизации — равной 2 кГц. Между метками 10 кГц должно быть четыре импульса мультивибратора второго делителя частоты.

Следует иметь в виду, что амплитуда меток 2 кГц существенно ниже амплитуды двух других меток, поэтому для их обнаружения приходится увеличивать усиление усилителя вертикального отклонения осциллографа или усиление приемника.

Импульсный усилитель при применении исправного транзистора налаживания не требует.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Для налаживания приемников, усилителей и другой аппаратуры требуются высокочастотный вольтметр, генераторы высокочастотного и низкочастотного сигналов, измеритель емкости.

Комбинированный прибор московского радиолюбителя Е. Гумели содержит высокочастотный генератор и высокочастотный вольтметр, работающие в диапазоне от 145 кГц до 16 МГц. В приборе имеются выходы, с которых могут быть получены колебания частотой 465 кГц и 1000 Гц. Измеритель емкости с прямым отсчетом позволяет измерять емкость конденсаторов, варикапов и монтажа от 12 до 12 000 пФ при напряжении в измеряемой цепи, не превышающем 100 мВ, и рабочей частоте 465 кГц.

Весь частотный диапазон генератора разбит на пять перекрывающихся поддиапазонов: I—145—440; II — 400—550; III — 510 — 1630 кГц, IV — 1,6—5,1 и V — 5,0—16 МГц. Выходное напряжение может плавно изменяться от 0,2 мВ до 0,2 В и ступенчато (2 мВ — 2 мкВ) с помощью делителя, расположенного на конце кабеля. Стабильность по амплитуде выходного напряжения 20%. Высокочастотное напряжение генератора может быть промодулировано напряжением частотой 1000 Гц, причем глубина модуляции может изменяться от 0 до 100%

Вольтметр позволяет измерять высокочастотные напряжения до 2,4 В с выносным пробником на полевом транзисторе, и до 1,2 В с пробником на биполярных транзисторах Диапазон измеряемых напряжений может быть увеличен соответственно до 240 и 120 В. Питается прибор от сети переменного тока напряжением 220 В.

Прибор условно можно разделить на генератор сигналов (рис. 5-9) и вольтметр с измерителем емко-

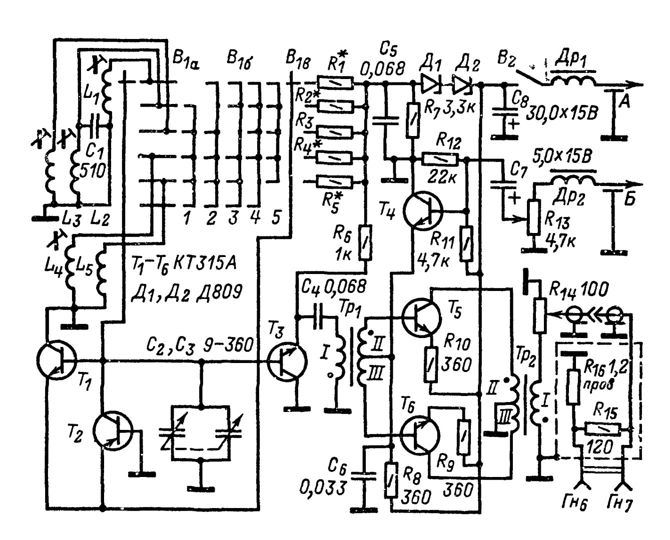


Рис. 5-9 Принципиальная схема генератора.

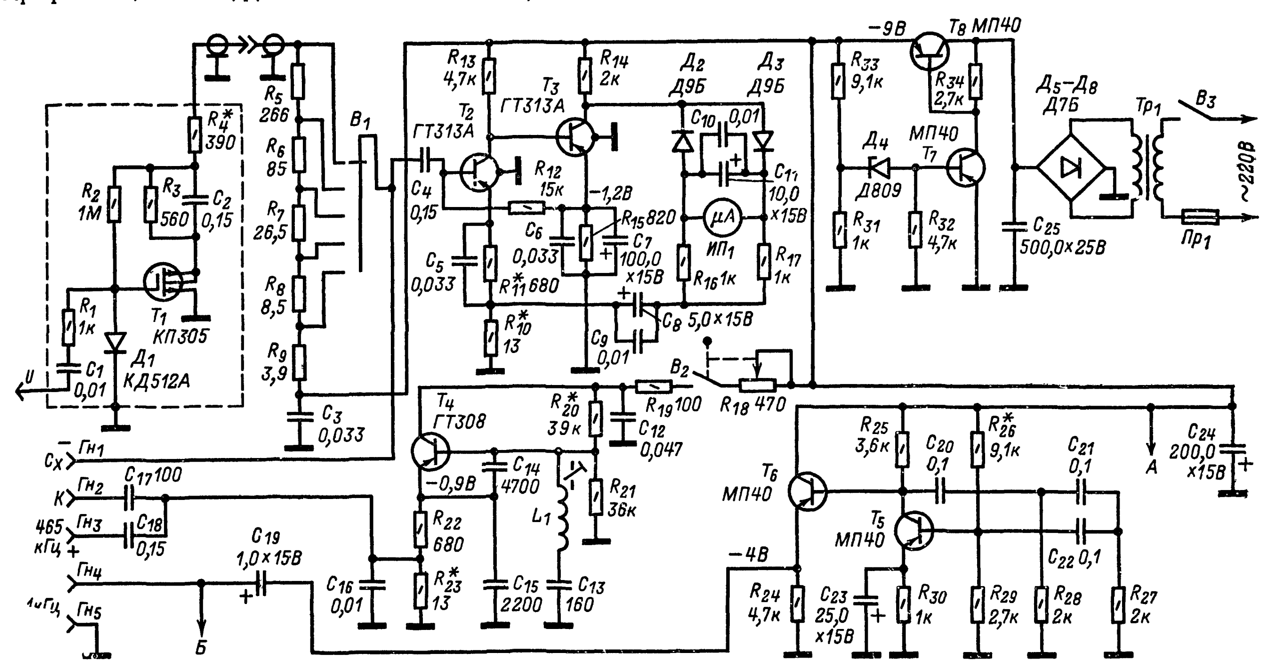


Рис. 5-10. Принципиальная схема вольтметра и измерителя емкости.

сти (рис. 5-10). В соответствии с этим разделены и принципиальные схемы этих частей.

Задающий генератор источника высококачественных колебаний (рис. 5-9) собран на транзисторах T_1 и T_2. Задающий генератор собран по несколько необычной схеме. Здесь в качестве элемента обратной связи используется общий эмиттерный резистор (это один из резисторов R_1—R_5 в зависимости от выбранного диапа-

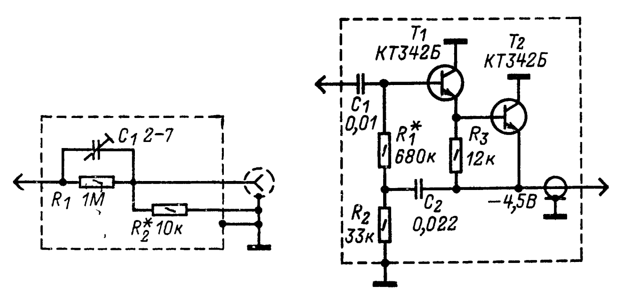


Рис. 5-11. Делитель напряжения.

Рис. 5-12. Схема ВЧ пробника на биполярных транзисторах.

зона). Такой способ подачи обратной связи для возбуждения колебаний позволяет получить достаточную стабильность генерируемых колебаний и обеспечить работу генератора в режиме, близком к линейному. При правильно выбранных резисторах R_1—R_5 коэффициент нелинейных искажений генерируемых колебаний не превышает 3%.

Буферный каскад, устраняющий влияние нагрузки на частоту и стабильность колебаний задающего генератора, собран на транзисторе T_3. Транзистор T_3 включен по схеме с общим коллектором, хорошо согласует относительно большое в полосе рабочих частот сопротивление контура задающего генератора с небольшим входным сопротивлением усилителя-модулятора.

Стабилизатор напряжения на стабилитронах $Д_1$ и $Д_2$ совместно с резистором R_7 служит для питания задающего генератора и буферного каскада. Питание на генератор подается через развязывающие дроссели $Др_1$ и $Др_2$ и при необходимости его отключают выключателем $В_1$.

Усилитель-модулятор собран по двухтактной трансформаторной схеме на транзисторах T_5, T_6 (рис. 5-9). Модулирующее напряжение на усилитель-модулятор поступает с генератора 1000 Гц, собранного на транзисторах T_5, T_6 (рис. 5-10), через базу транзистора T_4. Одновременно через высокочастотный трансформатор $Тр_1$ на базы транзисторов T_5, T_6 подается высокочастотное напряжение от основного генератора сигналов. Модулированное напряжение снимают со вторичной обмотки $Тр_2$ и через регулятор уровня R_{14} подают на выходной аттенюатор (R_{15}, R_{16}) и выходные гнезда $Гн_6$ $Гн_7$. Резистором R_{13} регулируют глубину модуляции. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_4 необходим для согласования выхода генератора модулирующего напряжения с высокоомным входом модулятора.

Генератор напряжения частотой 465 кГц собран на транзисторе T_4 (рис. 5-10) по схеме с общим коллектором и емкостной обратной связью. Выходное напряжение снимается с делителя R_{22}, R_{23}, C_{16}. Благодаря тому что напряжение с частотой 465 кГц на выходные гнезда $Гн_2$, $Гн_3$ подается через конденсаторы C_{17} и C_{18}, емкость варикапов можно измерять при подаче на них различного смещения. Кроме того, при измерениях в цепях ПЧ радиовещательных приемников можно не выключать напряжение питания, так как наличие этих конденсаторов предотвращает замыкание по постоянному току источника питания и общий провод через резистор R_{23}.

Конденсатор C_{17}, кроме того, служит образцовым при калибровке измерителя емкости. Изменяя напряжение питания переменным резистором R_{18}, можно в небольших пределах изменять уровень выходного напряжения генератора напряжения 465 кГц. Выключатель $В_2$ служит для выключения генератора при других измерениях, когда не нужна частота 465 кГц во избежание помех по промежуточной частоте.

Высокочастотный вольтметр собран на транзисторах T_2, T_3 по схеме с непосредственной связью между каскадами. Через резистор R_{12} осуществляется отрицательная обратная связь по постоянному току, а через цепь $Д_2$, $Д_3$, R_{16}, R_{17}, C_8, C_9 — обратная связь по переменному току. Благодаря тому что напряжение обратной связи по переменному току получают после детекторного каскада, обеспечиваются линейность шкалы измерительного прибора $ИП_1$, являющегося отсчетным устройством измерителя емкости, и малая частотная зависимость показаний во всем рабочем диапазоне частот.

При использовании прибора в качестве высокочастотного милливольтметра к его входу присоединяют ВЧ пробник, состоящий из делителя напряжения на 100 (рис. 5-11) и истокового повторителя на транзисторе T_1 (рис. 5-10). Диод $Д_1$ предназначен для защиты полевого транзистора T_1 от пробоя при случайных перегрузках или при неправильном включении прибора. Истоковый повторитель ВЧ пробника нагружен на низкоомный делитель R_5—R_9. Высокочастотный пробник соединяется со входом усилителя экранированным кабелем. Это необходимые условия для измерения емкостей конденсаторов выбранного диапазона. При отсутствии полевого транзистора ВЧ пробник можно собрать на двух биполярных по схеме, приведенной на рис. 5-12.

Генератор напряжения частотой 1000 Гц (см. рис. 5-10) собран на транзисторах T_5, T_6. На первом из них выполнен собственно генератор, а на втором — эмиттерный повторитель, предотвращающий срыв генерации при подключении нагрузки. Резистор R_{27}—R_{29} и конденсаторы C_{20}—C_{22} образуют фазовращающую цепь. С выхода генератора (резистора R_{24}) напряжение частотой 1000 Гц через кондесатор C_{19} снимается на гнезда $Гн_4$, $Гн_5$ для модуляции ВЧ генератора на резистор R_{13} на рис. 5-9.

Комбинированный прибор питается от выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах $Д_5$—$Д_8$ (см. рис. 5-10). Стабилизация выпрямленного напряжения осуществляется последовательным стабилизатором на транзисторах T_7, T_8 и стабилитроне $Д_4$.

Генератор сигналов (см. рис. 5-9) заключен в металлический экран, прикрепленный к передней панели. Это, а также наличие фильтров ($Др_1C_8$, $Др_2$), проходных конденсаторов (C_9, C_{10}) позволило получить высокую степень экранирования генератора и, следовательно, малый уровень паразитного излучения. Все транзисторы размещены на плате из стеклотекстолита или гетинакса, установленной на переключателе диапазонов. Там же находятся широкополосные трансформаторы, выполненные на кольцевых сердечниках марки М600НН или М1000НН (типоразмер К10×6×5). Каждая обмотка содержит 25 витков провода ПЭЛШО 0,12, намотанных в три провода. Обмотка дросселей $Др_1$ и $Др_2$ намотана проводом ПЭВ-1 0,07 в один ряд на ферритовом стержне 600НН диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм. Можно использовать и малогабаритный горшкообразный сердечник. В этом случае обмотка выполняется проводом ПЭЛШО 0,1 до заполнения каркаса. Индуктивность дросселей 100 мкГн. В качестве конденсаторов C_2, C_3 можно использовать стандартный блок КПЕ, емкость каждой секции которого 12—495 пФ. При этом следует уменьшить число витков контурных катушек. Катушки диапазонов СВ и КВ можно взять от любого радиовещательного транзисторного приемника. Резистором R_{16} (рис. 5-9) служит отрезок констан-

танового провода диаметром 0,1 мм. Длина его выбирается по коэффициенту деления совместно с резистором R_{15} Диод $Д_1$ (рис. 5-10) КД512А можно заменить любым высокочастотным кремниевым диодом с максимальным обратным напряжением не более 10—20 В, т. е. менее, чем напряжение пробоя участка исток—затвор полевого транзистора T_1.

Керамический переключатель B_1 (см. рис. 5-9) во избежание отсосов энергии и провалов в частотной ха-

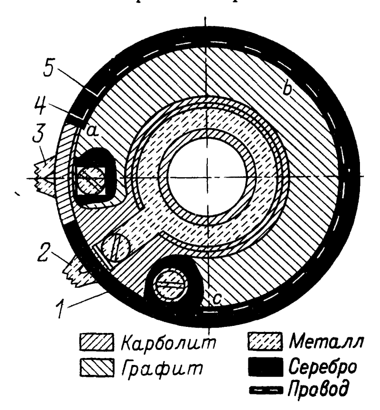


Рис. 5-13. Переделка резистора СП-1А.

рактеристике выходного напряжения генератора переделан так, что через одну из его плат (B_{16}) выводы контурных катушек неработающих поддиапазонов замыкаются накоротко.

Аттенюатор (R_{14}) выполнен из резистора типа СП-1А. Переделка его заключается в следующем. Снимают корпус потенциометра. По периферии графитового слоя укладывают посеребренный (можно луженый) провод диаметром 0,5—0,3 мм. Нужно создать хороший электрический контакт между проводом и подковкой. Этого достигают с помощью серебряной амальгамы или суспензии, применяемой при изготовлении потенциометров для нанесения высокопроводящих контактов на графитированный гетинакс. Провод *5* (рис. 5-13), уложенный по краю графитовой подковки, припаивают к втулке потенциометра, пропускают сквозь тонкий вырез в карболитовом ободке *4* внутрь потенциометра, прижимают к правому контакту *1*, а затем с легким усилием прижимают к графитовому слою. Переделка ротора потенциометра заключается в следующем: свободный конец контактной пружины укорачивается кусачками на 2—3 мм. Пружина пинцетом сгибается так, чтобы контакт с графитовым слоем осуществлялся непосредственно у внутреннего края подковки, как можно ближе к оси ротора. В собранном аттенюаторе контакт *3* является входным, контакт *2*— выходным. Такой аттенюатор успешно работает на частотах до 30 МГц.

Первоначальное сопротивление резистора СП-1А 750 Ом. После нанесения проводящего слоя по краю всей подковки сопротивление между движком и «земляным» выводом аттенюатора составит приблизительно 100 Ом. При такой переделке резистор СП-1А хорошо работает во всем диапазоне частот генератора сигналов и обеспечивает затухание более 60 дБ при равномерной логарифмической шкале.

Таблица 5-4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	180	ПЭЛШО 0,15
L_2	90	ЛЭШО 7×0,07
L_3	50	ЛЭШО 7×0,07
L_4	15	ПЭЛШО 0,31
L_5	12	ПЭВ-2 0,7

Контурные катушки L_1—L_5 (см. рис. 5-9) должны иметь высокую добротность. Катушки L_1—L_4 выполнены в карбонильных сердечниках типа СБ-23-17а. Катушка L_5 намотана на керамическом или полистироловом ребристом каркасе диаметром 12 мм (шаг 1 мм). Намоточные данные катушек приведены в табл. 5-4.

Переменные конденсаторы C_2, C_3 представляют собой блок КПЕ от радиоприемника «Турист» с имеющимся на нем редуктором (соотношение шестерен 2 : 1).

Катушка L_1 (см. рис. 5-10) намотана на броневом сердечнике типоразмера Ч5. Она содержит 3×55 витков провода ПЭВ-2 0,12. Конденсатор C_{13} типа КМ группы М47 Трансформатор питания выполнен на сердечнике ШЛ16×20. Первичная обмотка содержит 3400 витков провода ПЭВ-2 0,16, вторичная — 210 витков провода ПЭВ-2 0,51. Можно также использовать трансформаторы ТВК-70 или ТВК-110А.

Налаживание генератора сигналов сводится к подбору резисторов R_1—R_5, подстройке катушек соответствующих контуров для грубой установки пределов поддиапазонов и градуирования шкалы. Градуировку шкалы лучше всего осуществлять с помощью гетеродинного волномера. При отсутствии частотно-измерительных приборов можно воспользоваться радиовещательным приемником достаточно высокого класса.

ОСЦИЛЛОГРАФ

Любительский транзисторный осциллограф с электроннолучевой трубкой 8ЛО29И, внешний вид которого показан на рис. 5-14, разработали В. Хлудеев и В. Миронов из Таганрога. Рабочая часть экрана электроннолучевой трубки осциллографа составляет: по вертикали — 40, по горизонтали — 60 мм. Одно деление масштабной сетки экрана равно 5 мм.

Вход канала вертикального отклонения луча рассчитан на 9 фиксированных значений коэффициента отклонения: 0,05; 0,1; 0,2, 0,5; 1; 2; 5; 10 и 20 Входное сопротивление канала для первых шести значений коэффициента отклонения соответственно равно 10, 20, 40, 100, 200 и 400 кОм, для трех остальных — 500 кОм. Входная емкость не превышает 40 пф В осциллографе предусмотрена возможность плавного изменения коэффициента отклонения.

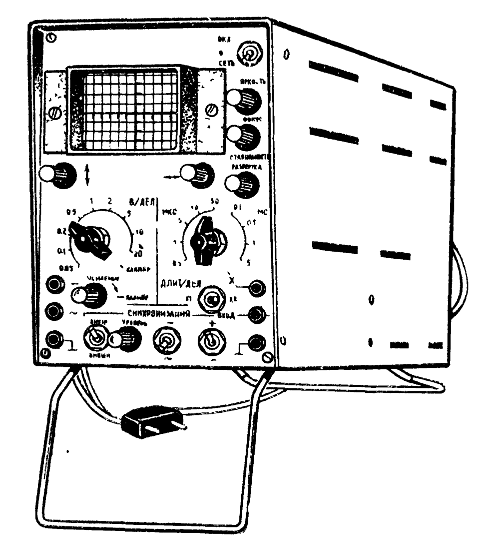


Рис. 5-14. Внешний вид осциллографа.

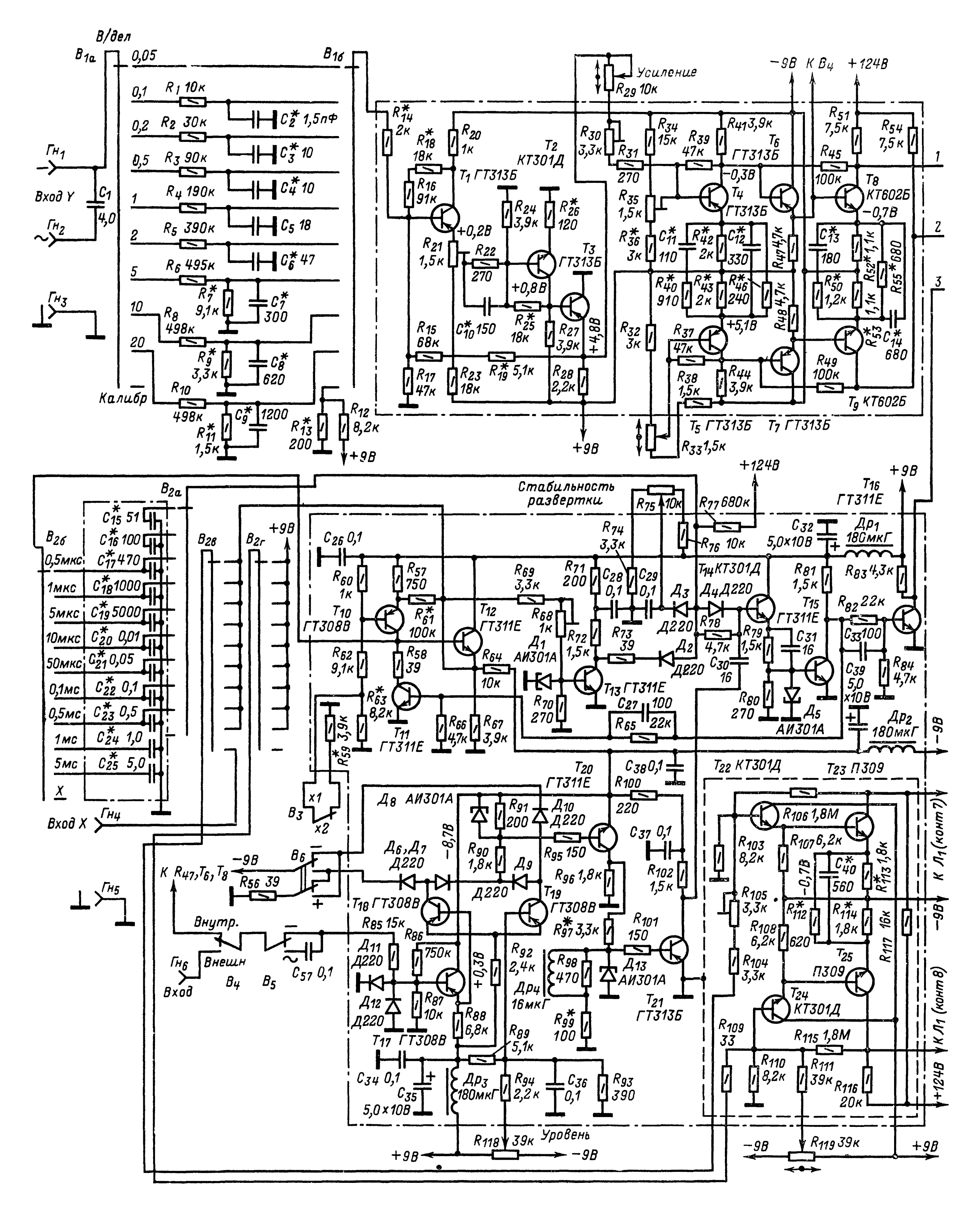
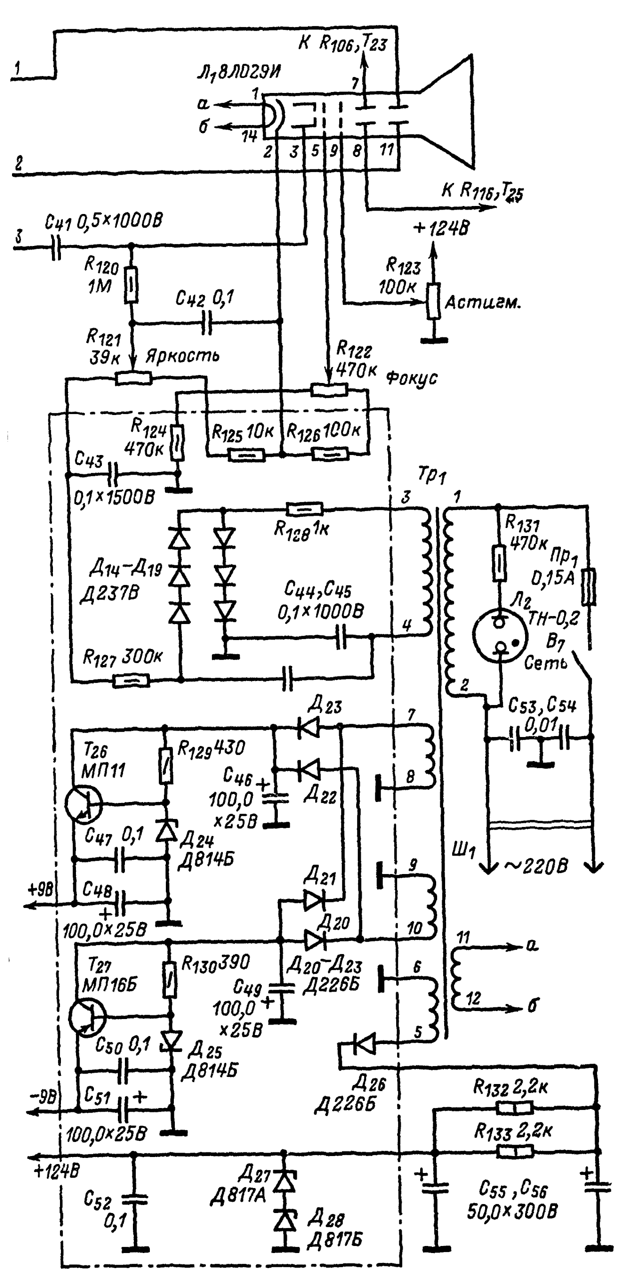


Рис 5 15 Принципиальная схема осциллографа

Неравномерность частотной характеристики усилителя вертикального отклонения луча в полосе частот от 0 до 2 МГц не хуже ±0,5 дБ. На частоте 2,5 МГц завал частотной характеристики не более 3 дБ. Нелинейные искажения в рабочей части экрана осциллогра-



фа не превышают 5%. Погрешность измерения амплитудных значений импульсных сигналов длительностью более 0,5 мкс и гармонических сигналов частотой до 2 МГц не превышает ±10%.

Развертка осциллографа имеет 9 фиксированных значений калиброванных длительностей: 0,5; 1; 5; 10; 50 мкс/дел. и 0,1, 0,5, 1,5 мс/дел., каждое из которых может быть удвоено. Длина линии развертки на экране осциллографа 50 мм Нелинейность измерения временны́х интервалов не превышает ±10%.

Внутренняя синхронизация развертки осуществляется исследуемым сигналом любой полярности при размере изображения по вертикали не менее 2,5 мм, внешняя — сигналами любой полярности и формы длительностью не менее 0,2 мкс и амплитудой 0,5—30 В. Задержка начала развертки относительно исследуемого фронта сигнала не превышает 0,25 мкс, входное сопротивление канала внешней синхронизации — не менее 15 кОм.

Коэффициент отклонения усилителя горизонтального отклонения луча составляет 120 мВ/мм. Неравномерность частотной характеристики усилителя в полосе частот до 2 МГц не превышает 3 дБ. Входное сопротивление — около 15 кОм.

Питание осциллографа осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Потребляемая мощность около 15 В·А. Внешние размеры прибора 138×184×315 мм, масса, — 4,5 кг.

Принципиальная электрическая схема осциллографа показана на рис. 5-15. Исследуемый сигнал, поданный на входные гнезда $Гн_1$ (или $Гн_2$) и $Гн_3$, через входной аттенюатор, представляющий собой частотно-компенсированный делитель напряжения, образуемый резисторами R_1—R_{11}, конденсаторами C_2—C_9 и входным сопротивлением усилителя вертикального отклонения луча, поступает на базу транзистора T_1 первого каскада усилителя. Всего в усилителе вертикального отклонения луча, являющегося усилителем постоянного тока, 9 транзисторов (T_1—T_9). Транзистор T_1, включенный по схеме эмиттерного повторителя, обеспечивает нулевой потенциал на входе усилителя относительно корпуса прибора. С его выхода исследуемый сигнал через резистор R_{22} поступает на базу транзистора T_2 второго каскада, а с его коллектора через эмиттерный повторитель (транзистор T_3) и резисторы R_{29}—R_{31} — на базу транзистора T_4 четвертого каскада усилителя. Конденсатор C_{10} служит для коррекции частотной характеристики усилителя в области высших частот.

Транзисторы T_4 и T_5 выполняют функцию фазоинверсного каскада. Для улучшения частотной характеристики между фазоинверсным и выходным каскадами (транзисторы T_8, T_9) усилителя включены согласующие эмиттерные повторители (транзисторы T_6 и T_7). С резисторов R_{51} и R_{54}, являющихся нагрузками транзисторов выходного каскада, усиленные исследуемые сигналы в противофазе подаются на пластины вертикального отклонения луча электроннолучевой трубки $Л_1$.

Коррекция частотной характеристики фазоинверсного и выходного каскадов усилителя в области средних и высших частот полосы пропускания осуществляется отрицательной обратной связью по переменному току через резисторы R_{40}, R_{50} и конденсаторы C_{11}—C_{14}.

Коэффициент усиления усилителя вертикального отклонения луча регулируют переменным резистором R_{29}. Он позволяет изменять коэффициент усиления в 2,5 раза. Подстроечным резистором R_{35} выравнивают напряжения на эмиттере транзистора T_3 и базе транзистора T_4, что необходимо для устранения возможного перемещения луча на экране трубки при изменении коэффициента усиления резистором R_{29}. Подстроечным резистором R_{30} корректируют чувствительность усилителя в процессе калибровки отклонения луча по вертикали: при установке движка резистора R_{29} в нижнее (по схеме) положение и подаче на вход усилителя стабилизированного напряжения с делителя $R_{12}R_{13}$ луч должен отклониться на 20 мм.

Перемещение луча по вертикали осуществляют переменным резистором R_{33}.

Достаточно жесткая стабилизация режимов работы транзисторов по постоянному току без применения термозависимых элементов достигается введением отрицательных обратных связей, которыми охвачены отдельные каскады усилителя и несколько каскадов вместе. Резисторы R_{15} и R_{19} образуют цепь отрицательной обратной связи, охватывающей каскады на транзисторах T_1 и T_3. Резисторы R_{24}—R_{26} являются элемента-

ми стабилизации режима транзистора T_2, R_{37} и R_{39} — элементами стабилизации каскадов на транзисторах T_4 и T_5, R_{45} и R_{49} — выходных каскадов на транзисторах T_8 и T_9. Резистор R_{20} ограничивает коллекторный ток транзистора T_1 при поступлении на вход усилителя больших отрицательных напряжений.

Генератор развертки осциллографа состоит из формирователя пилообразного напряжения, триггера управления и узла возврата генератора в исходное состояние. Формирование линейного пилообразного напряжения основано на принципе заряда времязадающего конденсатора постоянным по значению током, текущим через токостабилизирующий транзистор T_{10}. Генератор развертки обеспечивает постоянство амплитуды пилообразного напряжения (6 В) независимо от длительности формируемого пилообразного напряжения как в автоколебательном, так и в ждущем режиме. Это позволило откалибровать развертку по времени. Необходимую длительность развертки устанавливают переключателем B_2.

Коллекторный ток стабилизирующего транзистора T_{10} определяется делителем $R_{60}R_{62}R_{63}$. При замкнутых контактах переключателя B_3 ток равен 0,6 мА, а при разомкнутых (множитель «×2») он уменьшается вдвое, что двукратно увеличивает длительность развертки. Плавная регулировка длительности развертки не предусмотрена.

Линейно возрастающее напряжение с времязадающего конденсатора подается на базу транзистора T_{12}, включенного эмиттерным повторителем. Для установления линейного режима работы этого транзистора в области начальных уровней пилообразного напряжения в его эмиттерную цепь через резистор R_{64} подается отрицательное напряжение смещения. Для сохранения постоянства зарядного тока генератор охвачен обратной связью через резистор R_{61}. Подбором этого резистора глубину обратной связи устанавливают такой, при которой обеспечивается полная компенсация изменения зарядного тока за время прямого хода электронного луча трубки.

Триггер, управляющий работой генератора развертки, образуют туннельный диод $Д_5$ и транзистор T_{15}. Транзистор T_{14}, включенный эмиттерным повторителем, увеличивает входное сопротивление триггера. Режим туннельного диода $Д_5$ триггера, определяющий автоколебательный или ждущий режим работы генератора, устанавливают переменным резистором R_{75} «Стабильность развертки». Если рабочая точка диода $Д_5$ находится на первой восходящей ветви вольт-амперной характеристики, генератор работает в ждущем режиме и может быть запущен положительным импульсом, подаваемым на базу транзистора T_{14} с блока синхронизации. При напряжении на базе этого транзистора выше определенного порогового уровня, при котором рабочая точка диода $Д_5$ переходит на вторую восходящую ветвь, генератор работает в автоколебательном режиме.

При переходе рабочей точки на вторую восходящую ветвь вольт-амперной характеристики напряжение на диоде $Д_5$ увеличивается скачком, отчего транзистор T_{15} открывается и напряжение на его коллекторе становится близким к нулю. В это время закрывается транзистор T_{11} и начинает заряжаться времязадающий конденсатор (один из конденсаторов C_{15}—C_{23}). С выхода генератора линейно возрастающее напряжение через резисторы R_{69} и R_{68} подается на амплитудный дискриминатор, выполненный на туннельном диоде $Д_1$ и транзисторе T_{13}. Когда напряжение на выходе генератора достигает уровня, при котором рабочая точка диода $Д_1$ переходит на вторую восходящую ветвь, напряжение на нем увеличивается. При этом транзистор T_{13} и диод $Д_2$ открываются и через них и резистор R_{73} быстро разряжается один из времязадающих конденсаторов C_{15}—C_{23} (до этого он был заряжен через резистор R_{77} от источника питания 124 В до напряжения, снимаемого с движка резистора R_{75}), подключенный переключателем B_2 к общей точке соединения диодов $Д_2$—$Д_4$ и резисторов R_{77} и R_{78}. Резкое снижение напряжения на времязадающем конденсаторе приводит к закрыванию диода $Д_3$ и транзистора T_{14}. Теперь триггер управления переключается в исходное состояние и открывает транзистор T_{11}.

По мере разряда времязадающего конденсатора напряжение на выходе генератора уменьшается, рабочая точка туннельного диода $Д_1$ переходит на первую восходящую ветвь, транзистор T_{13} и диод $Д_2$ закрываются и конденсатор вновь начинает заряжаться от источника напряжением 124 В через резистор R_{77}. Пока он не зарядится до напряжения, снимаемого с части переменного резистора R_{75}, триггер управления (на время обратного хода и еще некоторого промежутка времени, необходимого для полного разряда времязадающего конденсатора) находится в состоянии, при котором транзистор T_{11}, работающий в ключевом режиме, открыт. Как только напряжение на конденсаторе будет соответствовать напряжению открывания диода $Д_3$ или достигнет уровня, при котором амплитуда импульса синхронизации оказывается достаточной, чтобы переключить туннельный диод $Д_5$, триггер управления переключается в исходное состояние, транзистор T_{11} закрывается — и цикл работы генератора повторяется.

Напряжение с триггера управления подается на базу транзистора T_{16}. На коллекторе этого транзистора во время рабочего хода развертки формируются положительные импульсы, которые через конденсатор C_{41} подаются на модулирующий электрод (*3*) электронно-лучевой трубки $Л_1$ для подсветки луча во время прямого хода.

Амплитуду напряжения развертки устанавливают подстроечным резистором R_{68}. Им же можно корректировать длительность развертки.

Блок синхронизации осциллографа собран на транзисторах T_{17}—T_{21} и диодах $Д_6$—$Д_{13}$. Из них диоды $Д_8$ и $Д_{13}$ — туннельные. Выбор внутренней или внешней синхронизации осуществляется переключателем B_4. В зависимости от положения переключателя B_5 вход блока синхронизации может быть открытым или закрытым.

В режиме внутренней синхронизации на вход блока синхронизации поступает сигнал с эмиттера транзистора T_6 усилителя вертикального отклонения луча. Через ограничитель, образованный резистором R_{85} и диодами $Д_{11}$, $Д_{12}$, сигнал синхронизации поступает на вход эмиттерного повторителя T_{17}, а с его выхода — на вход дифференциального усилителя, выполненного на транзисторах T_{18} и T_{19}. Нагрузкой дифференциального усилителя служат последовательно соединенные резистор R_{90} и туннельный диод $Д_8$, которые переключателем B_6 могут быть подключены к коллектору любого из его транзисторов. При этом фаза сигнала синхронизации на нагрузке дифференциального усилителя и, следовательно, полярность перепада напряжения, по которому формируются импульсы запуска развертки, изменяются на противоположные.

Уровень синхронизирующего сигнала, при котором происходит запуск развертки, устанавливают переменным резистором R_{118}.

Сигнал синхронизации преобразуется туннельным диодом $Д_8$ в прямоугольные импульсы с крутыми фронтами, которые усиливаются транзистором T_{20} и через резистор R_{97} поступают на вход ждущего мультивибратора, состоящего из туннельного диода $Д_{13}$, дросселя $Др_4$ и резисторов R_{98} и R_{99}. В исходном состоянии рабочая точка диода $Д_{13}$ находится на первой восходящей ветви его вольт-амперной характеристики и напряжение на нем близко к нулю. В момент формирования импульса на коллекторе транзистора T_{20} индуктивное сопротивление дросселя $Др_4$ очень большое и поэтому не шунтирует резистор R_{98}. В это время ток, протекающий через туннельный диод, оказывается достаточным для перевода рабочей точки диода на вторую

восходящую ветвь и скачкообразного увеличения напряжения на нем. По окончании формирования фронта входного импульса ток через дроссель $Др_4$ начинает увеличиваться, а туннельный диод $Д_{13}$ шунтироваться малым индуктивным сопротивлением дросселя и резистора R_{99}. При этом ток через диод уменьшается и рабочая точка его вновь возвращается на первую восходящую ветвь. Отрицательные импульсы, формирующиеся на туннельном диоде $Д_{13}$, через резистор R_{101} поступают на базу транзистора T_{21} и усиливаются им. С коллектора этого транзистора импульсы длительностью 0,1—0,15 мкс через конденсатор C_{30} подаются на базу транзистора T_{14}, а через него — на управляющий триггер генератора развертки осциллографа.

Усилитель горизонтального отклонения луча образуют согласующие эмиттерные повторители (транзисторы T_{22}, T_{24}) и оконечный парафазный усилитель на транзисторах T_{23} и T_{25}. Напряжение входного сигнала через резисторы R_{104} и R_{105} поступает на базу транзистора T_{22}. С коллекторов транзисторов T_{23} и T_{25} усиленные противофазные сигналы подаются на пластины горизонтального отклонения луча электроннолучевой трубки.

Выходной каскад усилителя имеет некоторую асимметрию его плеч. Объясняется это необходимостью повышения коэффициента передачи усилителя по неинвертирующему выходу (коллектор транзистора T_{25}), значение которого меньше коэффициента передачи инвертирующего выхода (T_{23}).

Чувствительность усилителя горизонтального отклонения луча регулируют подстроечным резистором R_{105}. Смещение изображения по горизонтали осуществляют изменением напряжения, подаваемого на базу транзистора T_{24} с движка переменного резистора R_{119}. Конденсатор C_{40} служит для коррекции частотной характеристики усилителя в области высших частот полосы пропускания.

Секцией *в* в переключателе B_2 вход усилителя горизонтального отклонения луча может быть подключен к генератору развертки или к гнезду $Гн_4$ «Вход X». В первом случае луч будет смещен влево от центра экрана трубки и линия развертки окажется расположенной симметрично относительно центра экрана. Во втором случае, когда переключатель B_2 находится в крайнем нижнем (по схеме) положении, луч возвращается в центр экрана.

Питание усилителей и блока синхронизации осциллографа осуществляется от трех выпрямителей со стабилизацией выходных напряжений (+9 В, —9 В и +124 В). Напряжение на электроды электроннолучевой трубки подается с высоковольтного выпрямителя с умножением напряжения. Переменным резистором R_{123}, регулируя им напряжение на втором аноде электроннолучевой трубки, можно добиться наилучшей фокусировки луча как в центре, так и на краях экрана.

С целью упрощения в осциллографе не предусмотрен встроенный калибратор длительности развертки и высоковольтное напряжение питания трубки не стабилизировано. При колебаниях напряжения сети изменяется чувствительность отклоняющей системы, что, естественно, приводит к изменению устанавливаемых временного масштаба развертки и коэффициента отклонения по вертикали. Чтобы исключить дополнительные погрешности измерения временных и амплитудных параметров исследуемых сигналов, возникающие при изменении напряжения сети, непосредственно перед измерением подстроечным резистором R_{105} нужно устанавливать длину линии развертки равной точно десяти делениям масштабной сетки, а подстроечным резистором R_{30} — отклонение луча по вертикали от исходного положения равным четырем делениям при установке переключателя B_1 аттенюатора в положение «Калибр».

Большая часть деталей осциллографа смонтирована на четырех печатных платах (рис. 5-16—5-19), выполненных из фольгированного стеклотекстолита. Все органы управления прибором размещены на его передней лицевой панели (см. рис. 5-14).

Резисторы R_1—R_{11} и конденсаторы C_2—C_9 входного аттенюатора, а также резисторы R_{12} и R_{13} смонтированы непосредственно на переключателе B_1.

Внутренний вид осциллографа с боков и со стороны «подвала» шасси, где находятся плата блока питания и трансформатор питания $Тр_1$, показан на рис. 5-20.

В осциллографе использованы: резисторы МЛТ, СПО-0,15, СП-0,5; конденсаторы КМ, КТ, БМ, МБМ, МБГО, ЭМ, К50-3Б; высокочастотные дроссели типа ДМ-0,1 или ДМ-0,2 указанных на схеме индуктивностей; переключатели 11П2ПМ, 11П4ПМ, микротумблеры МТ-1, МТ-3.

Высокочастотные дроссели $Др_1$—$Др_4$ могут быть самодельными, намотанными проводом ПЭВ-1 0,14 на корпусах резисторов ВС-0,25 с номинальным сопротивлением не менее 300 кОм. Дроссели $Др_1$—$Др_3$ должны содержать по 250 витков (намотка рядовая многослойная), дроссель $Др_4$ — 40 витков (намотка виток к витку).

Магнитопровод трансформатора питания $Тр_1$ набран из пластин Ш16 (окно 16×40 мм), толщина набора 35 мм. Данные обмоток трансформатора и напряжения на них приведены в табл. 5-5.

Транзисторы T_{10} блока синхронизации надо подо-

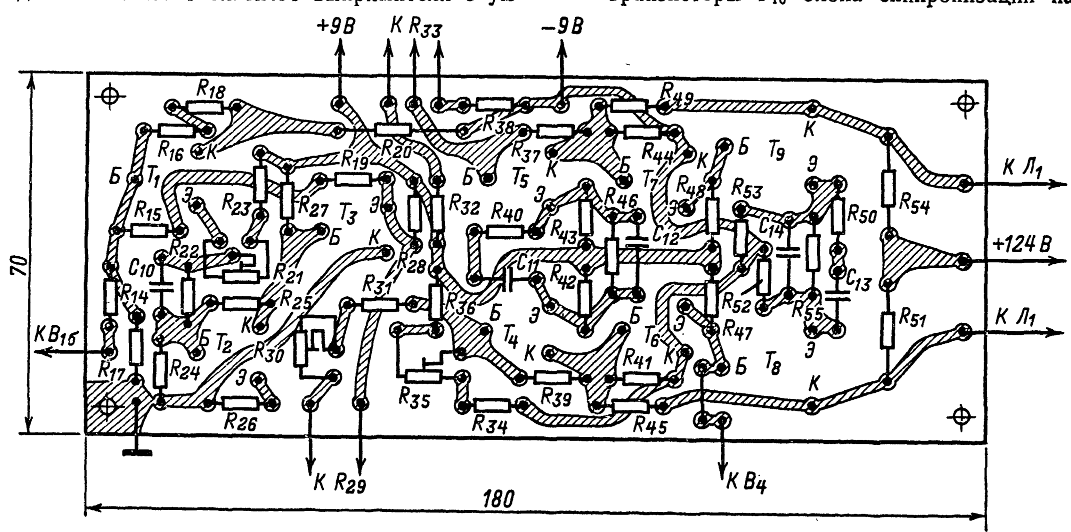


Рис. 5-16. Печатная плата и схема соединений усилителя вертикального отклонения луча.

брать с минимально возможным обратным током коллекторного перехода. Транзисторы T_{26} и T_{27}, работающие в стабилизаторах блока питания, установлены на теплоотводах с площадью охлаждения около 15 см². Здесь, однако, можно применить транзисторы с большей допустимой мощностью, рассеиваемой на коллекторе, на-

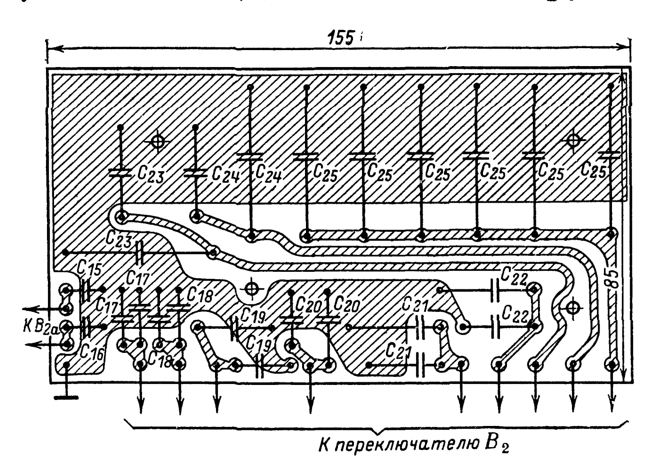


Рис. 5-17. Печатная плата и схема соединений времязадающих и блокировочных конденсаторов генератора развертки.

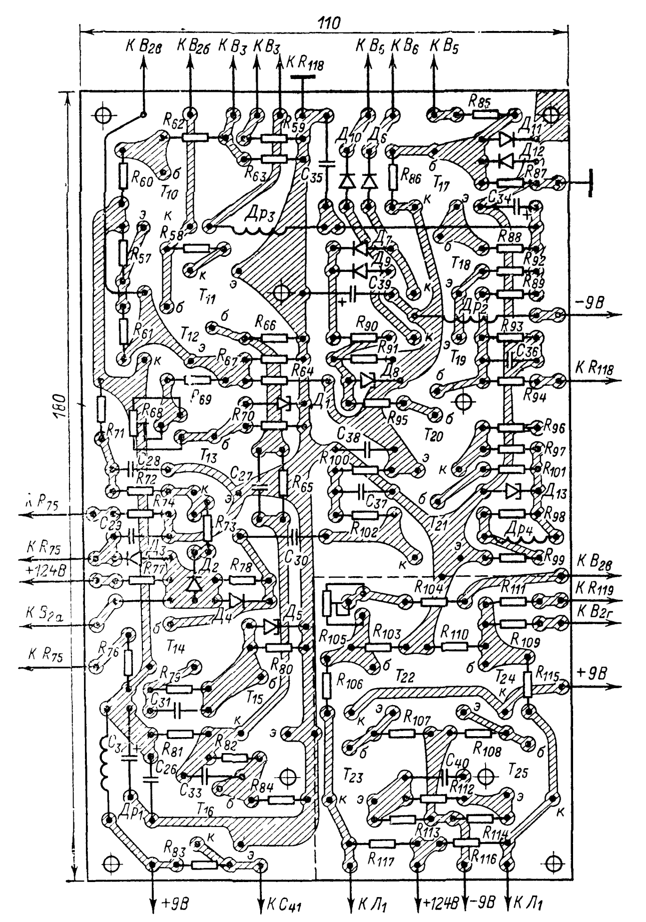


Рис. 5-18. Печатная плата и схема соединений элементов усилителя горизонтального отклонения луча и блока синхронизации.

Таблица 5-5

Обмотка	Число витков	Провод	Напряжение, В
1-2	1640	ПЭВ-2 0,23	220
3-4	3840	ПЭВ-2 0,1	510
5-6	1100	ПЭВ-2 0,23	145
7-8	96	ПЭВ-2 0,23	12,6
9-10	96	ПЭВ-2 0,23	12,6
11-12	50	ПЭВ-2 0,51	6,3

пример П214, П701, для которых теплоотводы не нужны. Транзисторы КТ301 можно заменить транзисторами КТ306, КТ315, КТ316; ГТ313 — транзисторами ГТ308, ГТ309, ГТ310, ГТ320, ГТ321, П416 с коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ не менее 30; КТ602 — транзистором КТ604; П309 — транзисторами П308, КТ602, КТ604, КТ605. Диоды Д220 можно заменить на Д219, Д223, КД503, КД504.

Туннельные диоды АИ301А, примененные в осциллографе, имеют ток пика около 2 мА. Можно использовать диоды ЗИ306Г, ЗО306Е или ГИ307А с таким же значением тока пика. Однако в амплитудном дискриминаторе генератора развертки, триггере управления ($Д_5$) и ждущем мультивибраторе блока синхронизации ($Д_{13}$) можно использовать туннельные диоды с пиковым током 5 мА, например АИ301Б, АИ301В, ЗИ306Ж, ЗИ306К, ГИ304А, ГИ304Б. В этом случае суммарное сопротивление резисторов R_{68} и R_{69} должно быть 1—1,2 кОм, резистора R_{76}—4,7 кОм, R_{79}—1 кОм, резистора R_{97}—от 1,2 до 1,5 кОм. Использование туннельного диода с пиковым током более 2 мА в формирователе блока синхронизации ($Д_8$) нежелательно из-за значительного увеличения уровня синхронизирующего напряжения, необходимого для нормальной работы блока.

Следует иметь в виду, что применяемые в комбинации с туннельными диодами германиевые транзисторы структуры *n-p-n* ГТ311 могут быть заменены кремниевыми транзисторами КТ306, КТ315, КТ316 только в случае использования туннельных диодов из арсенида галлия. Кремниевые транзисторы нельзя использовать в комбинации с германиевыми туннельными диодами.

Налаживание осциллографа начинают с проверки работоспособности блока питания и узла электроннолучевой трубки. После этого налаживают усилители вертикального и горизонтального отклонений луча, генератор развертки, блок синхронизации, а затем входной аттенюатор.

Блок питания проверяют при токах нагрузки 35, 45 и 30 мА для выпрямителей с выходными напряжениями соответственно +9, —9 и +124 В. Затем электроннолучевую трубку подключают к ее источникам питания и проверяют действия регулировок яркости и фокусировки луча при среднем положении движка переменного резистора R_{123}.

Приступая к налаживанию усилителя вертикального отклонения луча, движки резисторов R_{30}, R_{33} и R_{35} устанавливают в среднее положение, а резисторы R_{22} и R_{31} временно исключают. Включив питание, переменным резистором R_{33} устанавливают на коллекторах транзисторов T_8 и T_9 одинаковые напряжения относительно корпуса прибора, а подбором резисторов R_{42} и R_{43} — напряжения на коллекторах транзисторов T_4 и T_5 в пределах 0,3—0,4 В. Затем, подбирая резисторы R_{52} и R_{53}, добиваются на коллекторах транзисторов T_8 и T_9 напряжения, равного 58—60 В.

Далее подбором резисторов R_{25} и R_{26} (при среднем положении движка резистора R_{35}) на эмиттере транзистора T_3 устанавливают напряжение, равное напряжению на базе транзистора T_4. Затем подбором резисторов

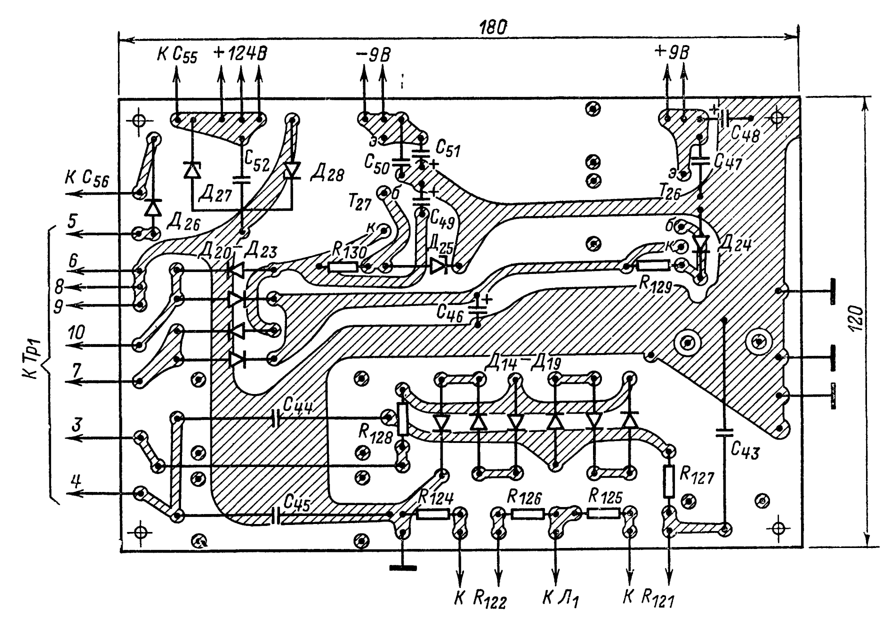
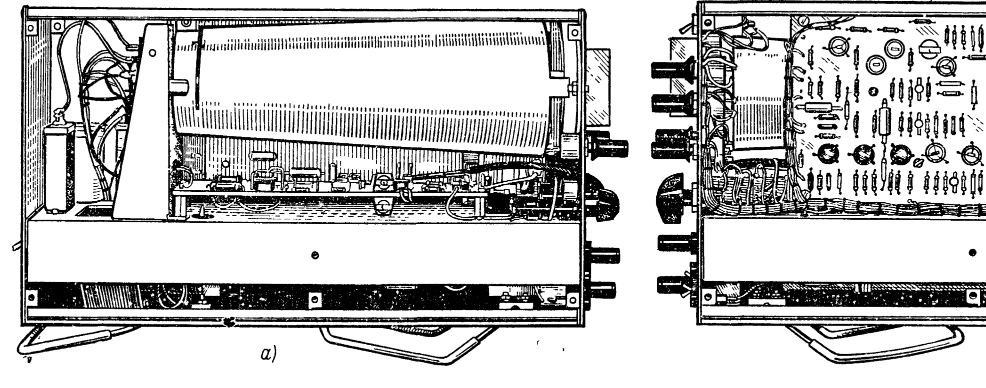
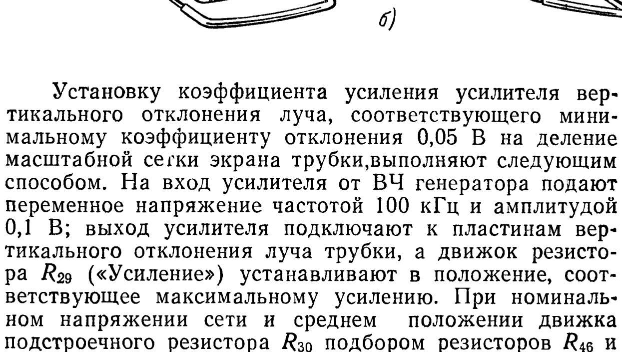


Рис. 5-19. Печатная плата и схема соединений блока питания.





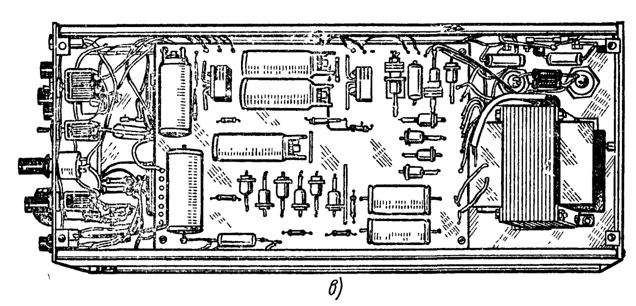


Рис. 5-20. Внутренний вид осциллографа слева (*а*), справа (*б*) и снизу (*в*).

R_{18} и R_{19} добиваются нулевого напряжения на базе транзистора T_1 и подстроечным резистором R_{21} выравнивают напряжение между движком этого резистора и базой транзистора T_2. После этого включают резисторы R_{22}, R_{31} и производят окончательную балансировку усилителя. Для этого движок подстроечного резистора R_{35} устанавливают в такое положение, при котором вращение ручки резистора R_{29} «Усиление» не будет вызывать изменения напряжений на коллекторах выходных транзисторов T_8 и T_9.

Установку коэффициента усиления усилителя вертикального отклонения луча, соответствующего минимальному коэффициенту отклонения 0,05 В на деление масштабной сетки экрана трубки,выполняют следующим способом. На вход усилителя от ВЧ генератора подают переменное напряжение частотой 100 кГц и амплитудой 0,1 В; выход усилителя подключают к пластинам вертикального отклонения луча трубки, а движок резистора R_{29} («Усиление») устанавливают в положение, соответствующее максимальному усилению. При номинальном напряжении сети и среднем положении движка подстроечного резистора R_{30} подбором резисторов R_{46} и R_{55} добиваются отклонения луча на экране трубки 20 мм (удвоенное значение амплитуды сигнала).

Минимальной неравномерности частотной характеристики усилителя добиваются подбором резисторов R_{40}, R_{50} и конденсаторов C_{11}—C_{14}. При этом на вход усилителя подают от генератора сигнал с частотой в интервале 100 кГц — 2,5 МГц и с постоянным уровнем амплитуды.

Прежде чем приступить к налаживанию усилителя горизонтального отклонения луча, движок подстроечного резистора R_{105} устанавливают в среднее положение. После этого, подключив питающие напряжения, переменным резистором R_{119} выравнивают напряжения на коллекторах транзисторов T_{23}, T_{25} и подбором резисто-

ров R_{113} и R_{114} устанавливают их равными +60 В. Далее выход усилителя соединяют с соответствующими пластинами трубки. На его вход от низкочастотного генератора подают сигнал частотой 1—2 кГц, амплитудой 3 В и подбором резистора R_{112} устанавливают коэффициент отклонения луча по горизонтали равным 0,6 В на деление масштабной сетки (при номинальном напряжении сети). Затем, подав на вход усилителя сигнал от высокочастотного генератора, подбором конденсатора C_{40} добиваются минимальной неравномерности частотной характеристики усилителя. Сопротивление резистора R_{111} должно быть таким, чтобы напряжение смещения, подаваемое через него на базу транзистора T_{24} от источника питания +9 В, отклоняло луч на экране трубки от центра влево на 25 мм.

Приступая к налаживанию генератора развертки, резистор R_{73} временно исключают и в первую очередь устанавливают токи заряда времязадающих конденсаторов (ток коллектора транзистора T_{10}), соответствующие множителям развертки «×1» и «×2». Для этого ручку переменного резистора R_{75} «Стабильность развертки» поворачивают в крайнее правое положение. При этом напряжение на коллекторе транзистора T_{15} должно быть близким к нулю, а ключевой транзистор T_{11} закрыт. Включив между коллектором транзистора T_{10} и корпусом осциллографа миллиамперметр, подбором резистора R_{63} устанавливают ток коллектора этого транзистора равным 0,3 мА. Такой зарядный ток соответствует множителю развертки «×2». Затем подбором резистора R_{59}, подключая его параллельно резистору R_{63}, устанавливают коллекторный ток транзистора T_{10} равным 0,6 мА, что соответствует множителю развертки «×1».

Подогнав режим токостабилизирующего транзистора T_{10}, включают резистор R_{73}, один из времязадающих конденсаторов и соответствующий ему блокировочный конденсатор (C_{15}—C_{23}). Проверяют работоспособность генератора развертки. Для этого выход генератора развертки подключают ко входу усилителя горизонтального отклонения луча, выход усилителя — к соответствующим пластинам электроннолучевой трубки, а коллектор транзистора T_{16} (через конденсатор C_{41}) — к модулирующему электроду трубки. Переменным резистором R_{75} «Стабильность развертки» устанавливают автоколебательный режим работы генератора развертки. При этом на экране трубки должна появиться линия развертки. Длину линии развертки подстроечным резистором R_{68} делают равной 50 мм. При коэффициенте отклонения по горизонтали 0,6 В на деление амплитуда пилообразного напряжения, соответствующая длине развертки 50 мм, будет равна 6 В.

Блок синхронизации проверяют и налаживают, пользуясь контрольным осциллографом. Делают это так. На вход блока и вход внешней синхронизации контрольного осциллографа подают сигнал от ВЧ генератора амплитудой около 0,5 В и проверяют работоспособность формирователя импульсов и ждущего мультивибратора. Формируемые на коллекторе транзистора T_{20} прямоугольные импульсы должны иметь частоту повторения, равную частоте входного сигнала. При вращении ручки переменного резистора R_{118} («Уровень») должна изменяться скважность последовательности импульсов, а при изменении положения контактов переключателя B_6 должна инвертироваться фаза сигнала. После этого контрольный осциллограф подключают к коллектору транзистора T_{21} и подбором резисторов R_{97} и R_{99} (а если надо, то и индуктивности дросселя $Др_4$) добиваются устойчивой работы ждущего мультивибратора во всем диапазоне частот сигналов синхронизации — примерно до 2,5—3 МГц.

Проверить работоспособность блока синхронизации без вспомогательного осциллографа можно при совместной его работе с ранее настроенными узлами по устойчивости синхронизации развертки. После такой проверки подбором времязадающих конденсаторов C_{17}—C_{25} устанавливают заданные длительности разверток. Длительность развертки определяют по числу периодов известной частоты, укладывающихся на линии развертки.

Налаживая входной аттенюатор, подбором резисторов R_1—R_{11} устанавливают необходимые коэффициенты деления низкочастотного напряжения для каждого положения контактов переключателя B_1, а подбором конденсаторов C_2—C_9 добиваются частотной компенсации.

Окончательную регулировку осциллографа производят после установки монтажных плат в корпусе прибора.

ЦИФРОВОЙ ЧАСТОТОМЕР

Измерительные приборы с цифровой шкалой значительно удобнее обычных приборов со стрелочным индикатором. Но зачастую многих радиолюбителей при выборе схемы того или иного цифрового прибора смущает относительная сложность схемы и обилие деталей, особенно микросхем или транзисторов. Однако цифровые приборы состоят из нескольких одинаковых элементов и поэтому легки в сборке и, кроме того, почти не требуют налаживания. Если все соединения, даже сложного цифрового прибора, выполнены правильно и детали, использованные в этом приборе, исправны, все устройство не требует практически никакого налаживания.

Основу любого цифрового измерительного прибора составляет частотомер с цифровой индикацией. Один из таких частотомеров, разработанный москвичом С. А. Бирюковым, описан далее. Отличительной особенностью частотомера является рациональность построения схемы. Частотомер позволяет измерять частоту электрических колебаний от 0 до 30 МГц. С помощью этого прибора можно также измерить период колебаний, время до $1 \cdot 10^5$ с, а также отношение частот, одна из которых не должна превышать 30 МГц, а вторая — 100 кГц. Частотомер может работать как счетчик импульсов. Точность измерений, обеспечиваемая частотомером, $3 \cdot 10^{-6}$ от измеряемой величины ±1 знак младшего разряда.

Параметры описываемого частотомера позволяют использовать его при градуировке приборов как цифровую шкалу в генераторах и любительских радиопередатчиках и в различных случаях при налаживании любительских конструкций.

Функциональная схема соединения блоков частотомера показана на рис. 5-21. Как видно из этой схемы, частотомер состоит из девяти блоков (каждый блок смонтирован на отдельной плате), которые соединяются между собой посредством малогабаритных разъемов. Шесть плат ($Дк_1$ — $Дк_6$) представляют собой пересчетные декады с цифровой индикацией. Вместе они образуют счетчик с максимальной частотой счета 30 МГц. Декадные делители частоты с общим коэффициентом пересчета 10 000 собраны на двух платах (блоки $У_1$ и $У_2$), блок управления $У_3$ собран на отдельной плате. Принципиальная схема блока управления приведена на рис. 5-22.

Подсчет числа импульсов, поступающих на вход счетчика, производится за определенное время. В описываемом частотомере это время равно 0,1 или 0,01 с и формируется оно в блоке управления.

Принцип действия формирователя интервала времени удобно рассматривать с момента генерации импульса установки нуля мультивибратором на транзисторах T_4 и T_5 (рис. 5-22). Как только появляется этот импульс (в результате кратковременного замыкания кнопки «Пуск»), транзисторы T_4 и T_5 закрываются, напряжение на контакте $Ш_{9/3}$ уменьшается до нуля. Все триггеры декад и делителей устанавливаются в нулевое состояние. Триггеры блока управления, собранные на транзисторах T_8, T_9, T_{11}, T_{12}, устанавливаются в такое положение, при котором напряжение на коллекторах транзисторов T_9 и T_{11} близко к 0. Напряжение +5 В с коллектора транзистора T_{12} через резистор R_{57} поступает на

базу T_{20} и открывает его. Импульсов на коллекторе транзистора T_{20} при этом нет. Происходит это после того, как импульсы с частотой 100 кГц с кварцевого генератора на транзисторах T_{13} и T_{14} поступают на первый делитель частоты $У_1$ ($Ш_{1/4}$). Во втором делителе частоты формируются импульсы с частотой 100 и 10 Гц. Эти импульсы в зависимости от положения переключателя $В_2$ через эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе T_1, и контакты $В_{1г}$ поступают в блок $У_3$ ($Ш_{9/5}$).

Со входа *1* через контакты $В_{1в}$ и $В_{1г}$ в блок управления ($Ш_{9/1}$) поступает сигнал, частоту которого необходимо измерить. Сигнал усиливается усилителем-ограничителем на транзисторе T_{16}. Триггер Шмитта на транзисторах T_{17} и T_{18} преобразует его в прямоугольные импульсы. На второй вход электронного ключа с устройства формирования интервала поступает импульс 0,1 или 0,01 с. На выходе электронного ключа образуется пачка импульсов, поступающая на вход счетчика ($Ш_{8/3}$).

Импульсы на коллекторе транзистора T_{20} появляются через 0,1 с (когда переключатель $В_2$ находится в положении «1»). Происходит это после того, как импульс со второго делителя ($Ш_{2/5}$) проходит через триггер Шмитта T_6, T_7, диодно-конденсаторный ключ $Д_5$, C_{12}, R_{32} и своим задним фронтом закрывает транзистор T_{11}. Транзистор T_{12} при этом открывается, что вызывает закрывание транзистора T_{20}. На его коллекторе появляются импульсы с частотой измеряемого сигнала.

Низкий потенциал на коллекторе T_{12} обеспечивает прохождение следующего импульса частотой 0,1 Гц через диодно-конденсаторный ключ $Д_4$, C_{11}, R_{37} на базу T_9. Как только этот импульс попадет на базу, транзистор T_9 закроется, а T_{10} откроется, T_{12} закроется, а T_{20} откроется снова, запрещая прохождение измеряемого сигнала на вход счетчика. Счетчик фиксирует измеряемую частоту. В положении «2» переключателя $В_2$ цена младшего разряда становится равной 100 Гц.

В момент окончания формирования временного интервала через диод $Д_1$ и конденсатор C_3 импульс с коллектора T_{10} запускает ждущий мультивибратор на транзисторах T_2 и T_3. При этом транзистор T_2 открывается, а T_3 закрывается. Время индикации определяется длительностью этого состояния и его можно менять переключением резисторов R_4—R_{10} с помощью переключателя $В_3$.

По окончании времени индикации восстанавливается исходное состояние устройства. Происходит это после того, как импульс с коллектора T_3 отрицательным фронтом закрывает транзисторы T_4 и T_5, что приводит к формированию импульса установки нуля, возвращающего счетчики в исходное состояние для возобновления цикла измерений.

В крайних положениях переключателя $В_3$ («Р») мультивибратор на транзисторах T_2, T_3 находится постоянно в состоянии, когда T_2 открыт, а T_3 — закрыт. В этом случае время индикации определяется временем включения прибора, а повторные измерения возможны только при нажатии кнопки «Пуск».

При нажатии на кнопку «Контроль» на вход частотомера через резистор R_1 будем подавать сигнал с частотой 100 кГц с кварцевого генератора и на табло прибора отразится истинная частота колебаний опорного генератора.

При измерении периода колебаний следует нажать кнопку «Период» и тогда входной сигнал и сигнал с кварцевого генератора поменяются местами — сигнал с кварцевого генератора поступит непосредственно или через делитель на контакт $Ш_9/_1$, а входной сигнал пройдет на контакт $Ш_9/_5$. В этом случае в зависимости от положения переключателя $В_2$ цена младшего разряда составляет 100; 10; 1 мс; 100 или 10 мкс. Если одновременно с контактной группой $В_{1в}$ включить контактную группу $В_{1г}$, то на вход измерителя периода

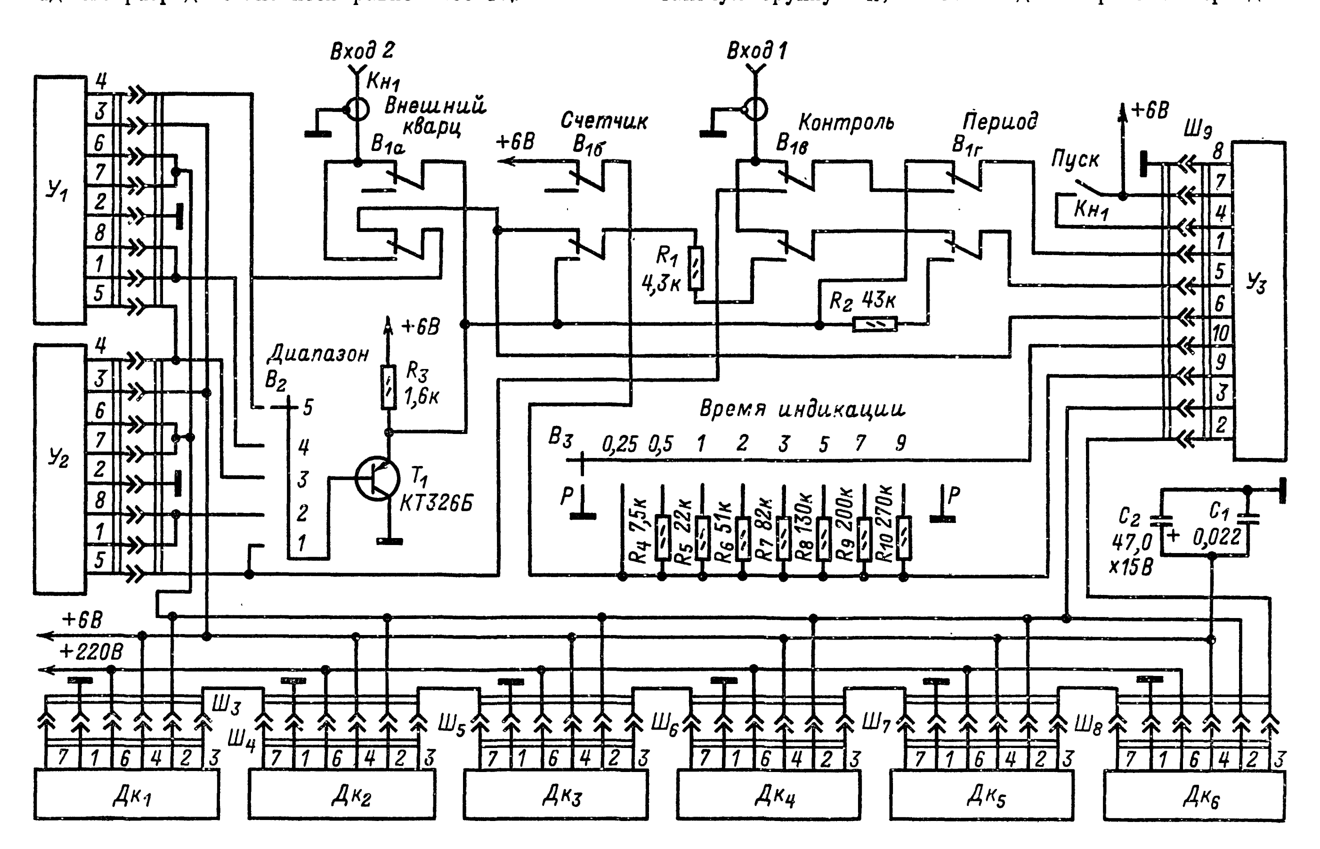


Рис. 5-21. Функциональная схема частотомера.

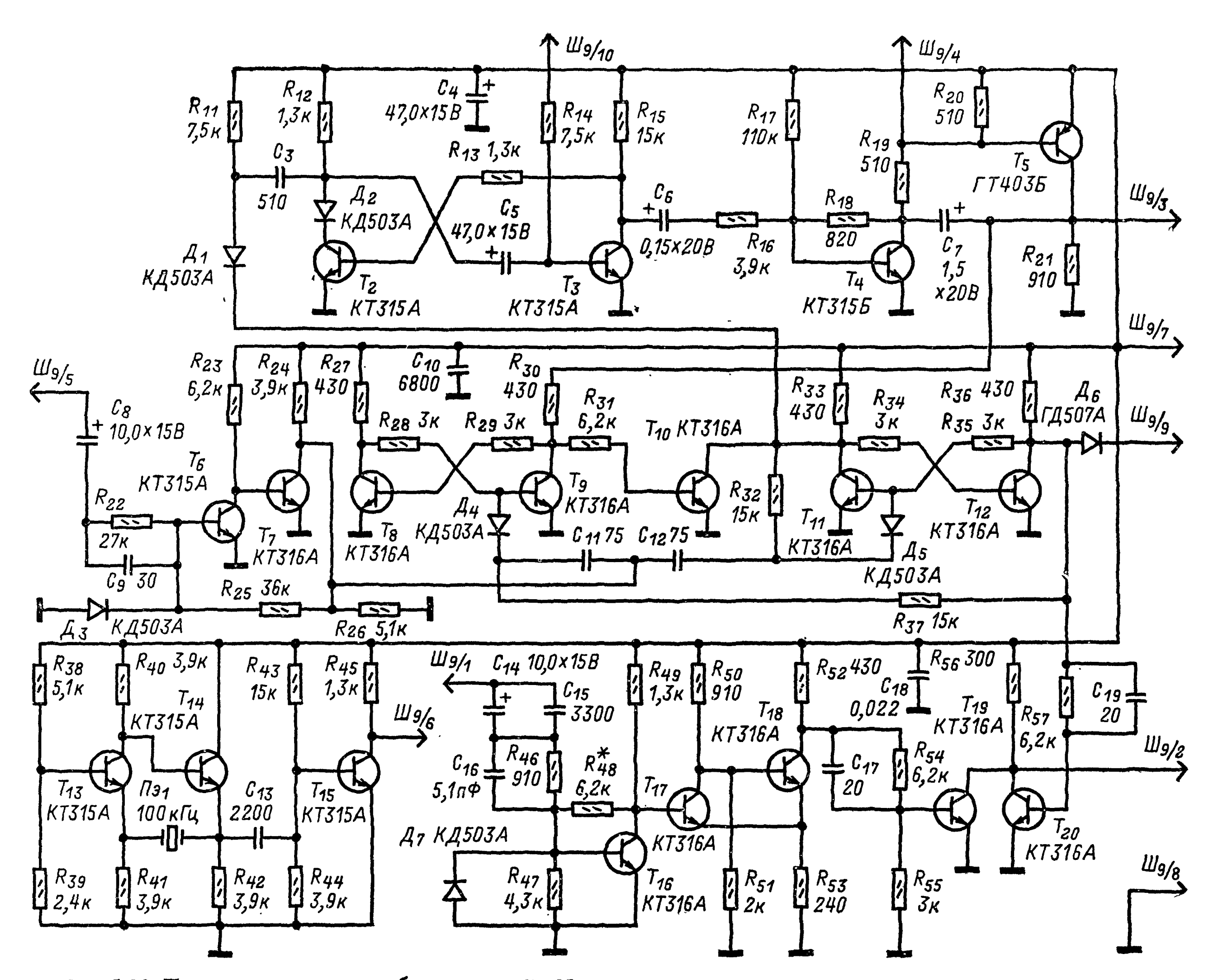


Рис. 5-22. Принципиальная схема блока управления.

с контакта $Ш_2/_5$ будет подана частота 0,1 Гц, что позволяет проверить прибор в режиме измерения периода.

Если нажать кнопку «Счетчик», то в блок $У_3$ с контакта $Ш_9/_9$ поступит нулевой потенциал. Это приведет к тому, что закроется транзистор $Т_{20}$ и все устройство перейдет в режим непрерывного счета входных импульсов. Кнопка $Кн_1$ в этом случае используется для сброса показаний.

Если одновременно включить контактные группы $В_{1б}$ и $В_{1в}$, то на вход счетчика будет поступать сигнал одного из выходов делителей и счетчик можно будет использовать как секундомер. Цена делений будет такой же, что и в режиме «Период».

На вход *2* (гнездо $Гн_1$) во всех описанных режимах поступает импульсное напряжение в положительной полярности с одного из выходов делителей. Это напряжение частотой 10 Гц или 100 кГц можно использовать и для других целей, например при налаживании приборов или усилительно-приемной техники. Следует только учитывать, что амплитуда этого напряжения 4 В, а длительность импульса равна 0,2 от периода повторения и на частоте 100 кГц форма напряжения близка к меандру.

Если в режиме измерения частот включить контактную группу $В_{1а}$ и на второй вход подать напряжение известной частоты, то прибор покажет отношение частот, подаваемых на первый и второй входы.

Декады, входящие в прибор, собраны почти по одинаковым схемам и различаются только предельными рабочими частотами. Это приводит к использованию более высокочастотных деталей и включению на входе и выходе более высокочастотных декад эмиттерных повторителей.

Принципиальная схема декады на 100 кГц ($Дк_1$—$Дк_3$) изображена на рис. 5-23. Декада на 300 кГц ($Дк_4$) отличается только иными номиналами резисторов и применением диодов КД509А. Декада $Дк_5$ на 3 МГц (рис. 5-24) собрана на транзисторах КТ306А, диодах КД503А. Резисторы и конденсаторы, входящие в декаду, имеют меньшие номиналы. Кроме того, декада на 3 МГц отличается еще и тем, что нагрузка подключается к ней через эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе $Т_{21}$, а также тем, что между шинами «+6 В», установки нуля и общим проводом включены блокировочные конденсаторы $С_{11}$ и $С_{12}$.

На рис. 5-25 изображена часть принципиальной схемы декады на 30 МГц ($Дк_6$). Для увеличения быстродействия в этой декаде использованы еще более высокочастотные кремниевые транзисторы КТ316А, имеющие время рассасывания менее 10 нс. Вход и выход декады подключаются к блоку управления и нагрузке через согласующие эмиттерные повторители на составных транзисторах ($Т_{23}$, $Т_{24}$ и $Т_{21}$, $Т_{22}$).

Пересчетные декады представляют собой пятиразрядный сдвигающий регистр. Выход пятого регистра подключен ко входу первого, причем полярность сигна-

ла обратной связи изменена на противоположную. К выходам нулевых плеч триггеров сдвигающего регистра (см. рис. 5-23), т. е. к коллекторам транзисторов T_9, T_7, T_5, T_3, и единичному плечу первого триггера (коллектор транзистора T_{10}) подключены эмиттеры и через резисторы R_{31}—R_{36} — базы транзисторов T_{11}—T_{20}. Эти транзисторы служат для включения соответствующих катодов индикаторных ламп. Диод $Д_{11}$ подключен

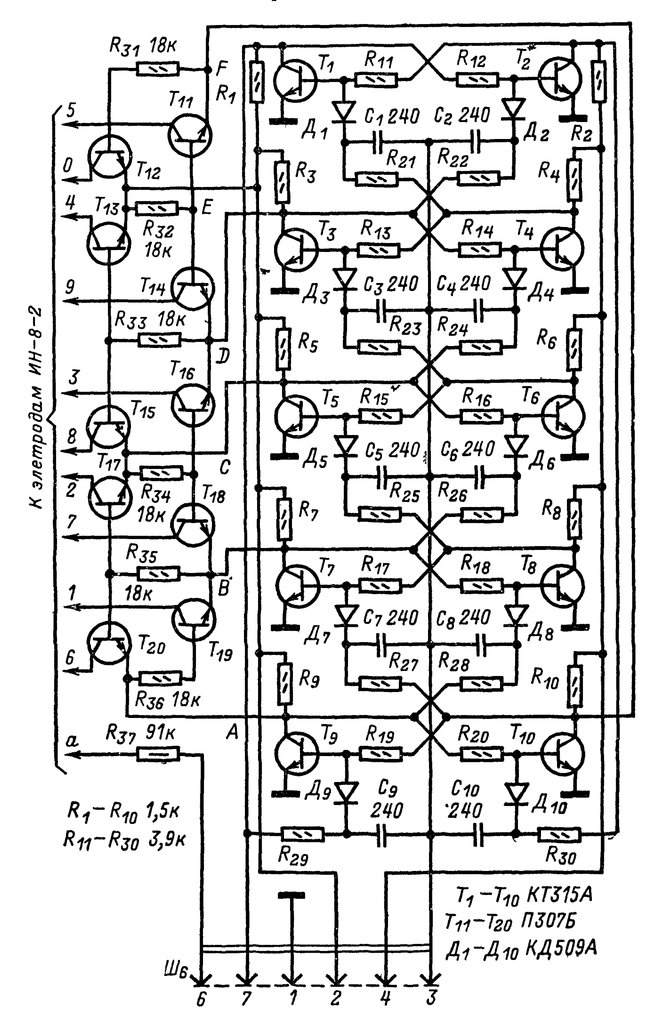


Рис. 5-23 Принципиальная схема декады на 100 кГц.

к аноду индикаторной лампы, а коллекторы T_{11}—T_{20} — к электродам согласно нумерации.

Временная диаграмма работы декады приведена на рис. 5-26. Верхний график изображает импульсы на входе декады, следующие графики показывают напряжение на выходах сдвигающего регистра, и, наконец, графики, отмеченные цифрами «0», «1», «2», «3» и т. д., показывают зависимость от времени напряжений между базой и эмиттером транзисторов T_{11}—T_{20}, включающих катоды цифрового индикатора (см. рис. 5-23).

Кнопка «Пуск» служит для разрыва цепи питания коллекторов левых по схеме плеч триггеров. При нажатии на эту кнопку на выходах сдвигающих регистров устанавливается низкий потенциал, а на единичном плече первого триггера — высокий. Транзистор T_{11} при этом открывается, на электрод цифры «0» подается питание, и на табло высвечивается нуль, а все остальные цифры гаснут. Через резисторы R_{29} и R_{30} напряжения с выходов пятого триггера (транзисторы T_1 и T_2) поступают на диодно-конденсаторные ключи C_9, $Д_9$ и C_{10}, $Д_{10}$; диод $Д_9$ при этом открывается, а $Д_{10}$ закрывается.

Как только на вход счетной декады поступит первый импульс отрицательной полярности (или задний фронт импульса положительной полярности), транзистор T_9 закрывается. Триггер T_9—T_{10} перебрасывается

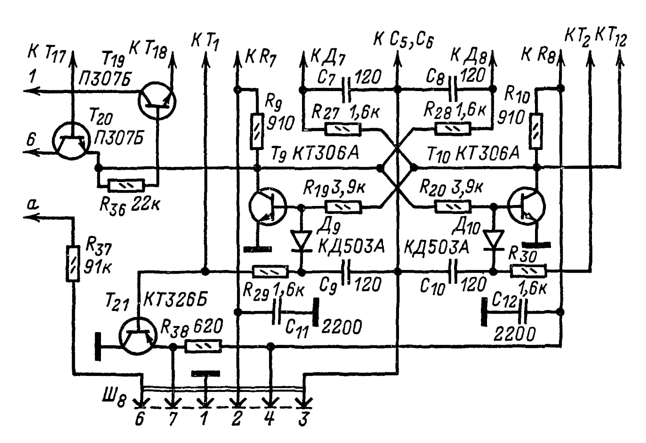


Рис. 5-24. Принципиальная схема декады на 3 МГц.

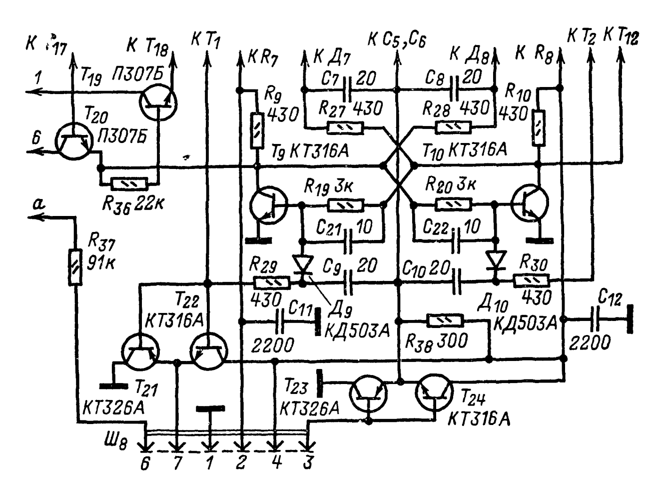


Рис. 5-25. Принципиальная схема декады на 30 МГц.

в единичное состояние, и на выходе его появится высокий потенциал, а на единичном выходе первого триггера — низкий. На остальных выходах сдвигающего регистра останутся потенциалы неизменными, т. е. низкими.

Транзистор T_{11} закрывается, а T_{19} открывается, и на табло зажигается цифра «1». При поступлении последующих счетных импульсов, вплоть до пятого, триггеры поочередно переходят в единичное состояние, и на табло последовательно высвечиваются цифры от «2» до «5». Следующие импульсы (с шестого по десятый) поочередно устанавливают триггеры регистра в нулевое состояние, что вызывает подачу напряжения на высвечивание цифр от «6» до «9» и «0».

Если выход декады подключить на вход такой же декады, то получится двухразрядный счетчик. Тогда при поступлении на вход первой декады десятого счетного импульса на ее выходе формируется отрицательный перепад напряжения, что вызывает изменение со-

стояния второй декады. Это позволяет соединять декады в многоразрядный счетчик без дополнительных устройств согласования.

Для нормальной засветки цифр газоразрядного индикатора необходимо, чтобы между катодом засвечиваемой цифры и остальными незасвечиваемыми было не менее 30—40 В. Транзисторы типа П307Б допускают

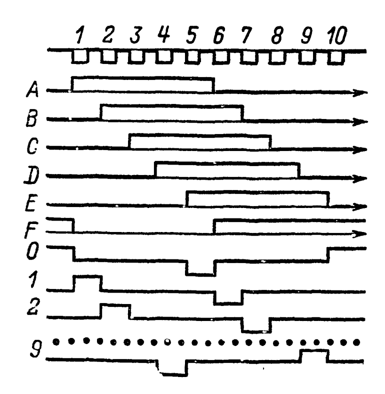


Рис. 5-26. Временная диаграмма работы декады.

предельные напряжения между коллектором и эмиттером порядка 80 В. Этого вполне достаточно, чтобы использовать транзисторы, указанные в описываемом устройстве.

Благодаря тому что кремниевые транзисторы имеют небольшие токи утечки, появляется возможность исключить резисторы, обычно включаемые между коллекторами ключевых транзисторов и дополнительным источником питания (30—100 В).

Сопротивление резистора R_{37} указано для случая использования в качестве индикатора газоразрядной лампы ИН-8-2 и переменного напряжения питания 220 В, выпрямляемого однополупериодным выпрямителем. При ином напряжении питания или использовании другой индикаторной лампы необходимо подбирать резистор R_{37} для выбора оптимального режима работы индикатора.

Делители частоты $У_1$, $У_2$ собраны по схеме, элемент которой показан на рис. 5-27. Они сходны по схеме со счетчиками, описание которых было приведено.

Напряжение питания частотомер получает от несложного стабилизированного выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Принципиальная схема блока питания изображена на рис. 5-28. Для уменьшения пульсаций и увеличения к. п. д. опорный элемент питается от стабилизатора тока, собранного на транзисторе T_{24}, диоде $Д_{13}$, резисторах R_{58}, R_{59}.

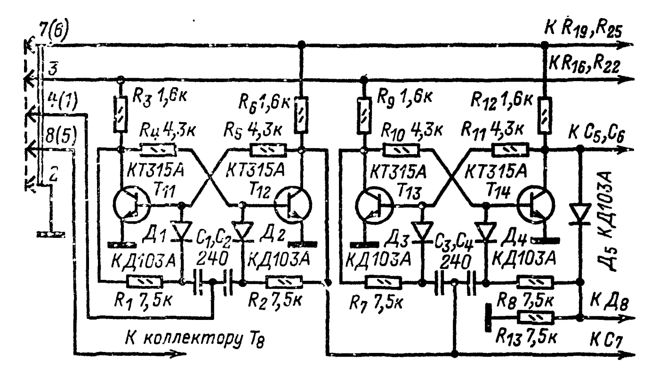


Рис. 5-27. Схема делителя частоты.

Частотомер собран в прямоугольном П-образном корпусе из алюминия толщиной 1—1,5 мм. На передней панели из гетинакса размерами 133×190 мм (рис. 5-29) находятся все органы управления, разъемы входов частотомера и табло газоразрядных индикаторов, закрытое пластиной цветного прозрачного органического стекла. На коробчатом шасси размерами 35×190×

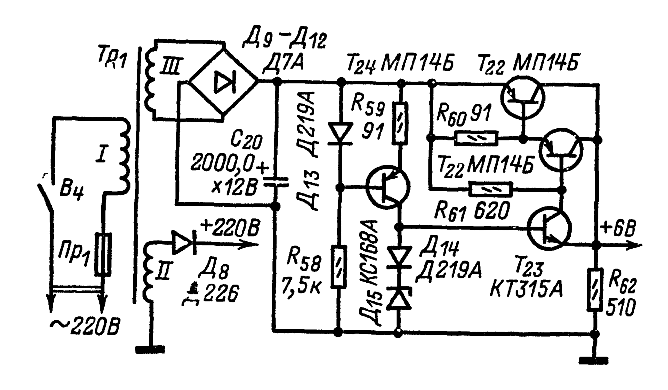


Рис. 5-28. Принципиальная схема блока питания.

×120 мм смонтированы направляющие, по которым вдвигаются платы частотомера. Гнездовые части разъемов этих плат укреплены на стеклотекстолитовой пластине, разделяющей внутренний объем частотомера на две части. На этой же пластине смонтированы конденсаторы C_1 и C_2. Платы делителей частоты, пересчетных декад и блоки управления находятся в передней части корпуса. В задней его части размещаются трансформатор питания, конденсатор C_{20} и транзистор T_{21} на небольшом радиаторе. Транзистор T_1, резисторы R_1—R_{10} и блок питания смонтированы в подвале шасси.

Переключатели B_1 и B_4, кнопки $Кн_1$ типа П2К, переключатели B_2 и B_3 — МПН-1. Резисторы, установленные в частотомере, типа МЛТ-0,125; конденсаторы — КЛС, КМ, КТМ. Электролитические конденсаторы C_8 и C_{14} — К50-3, C_{20} — ЭГЦ, остальные — К53-1А. Транзисторы КТ315А, КТ306, КТ316А можно заменить транзисторами тех же типов с любыми буквенными индексами. Вместо транзисторов КТ326Б можно использовать КТ337, КТ343, КТ347 с любым буквенным индексом.

Вместо транзисторов П307Б можно применить П307—П309, КТ605 любых модификаций. Транзистор T_4 должен иметь коэффициент передачи тока $h_{21э}$ не менее 200.

Трансформатор питания собран на сердечнике ШЛ16×25. Обмотка I содержит 1900 витков провода ПЭВ-1 0,15; обмотка II — 2000 витков ПЭВ-1 0,1 и обмотка III — 90 витков провода ПЭВ-2 0,64.

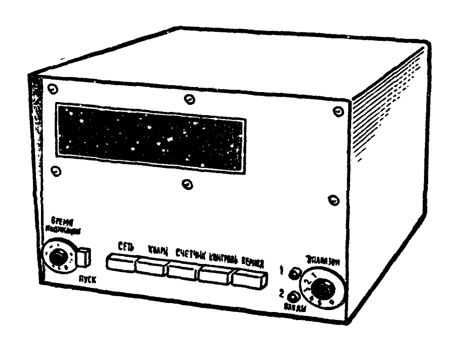


Рис. 5-29. Внешний вид частотомера.

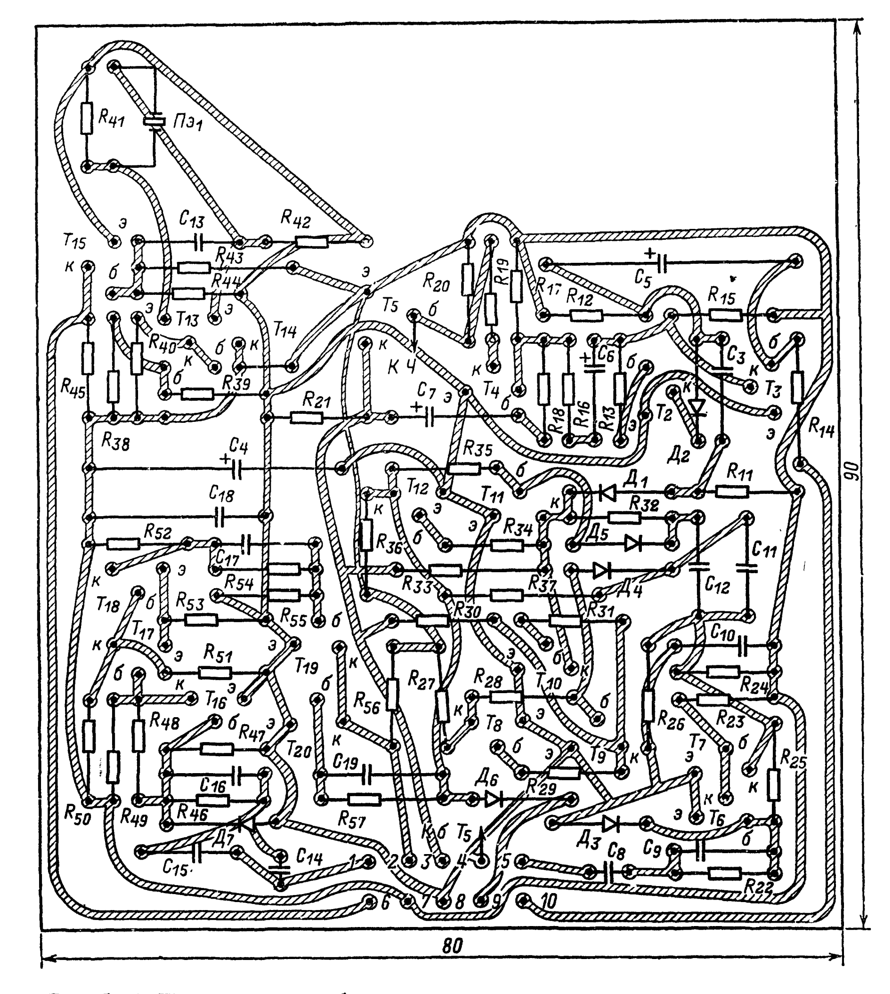


Рис. 5-30. Печатная плата блока управления.

Монтаж частотомера выполнен печатным способом на платах из стеклотекстолита. На рис. 5-30 изображена плата блока управления. Половина печатной платы делителя (другая половина является зеркальным отображением) показана на рис. 5-31. Штриховыми линиями выделены перемычка и резисторы R_{22} и R_{25} для делителя с выходной частотой 1 и 0,1 Гц.

Плата пересчетной декады (без деталей) изображена на рис. 5-32. Транзисторы T_{21}—T_{24} эмиттерных повторителей пересчетных декад расположены на печатной плате рядом с разъемом; конденсаторы C_{11}—C_{22} припаяны со стороны токоведущих соединений печатной платы.

Налаживание частотомера начинают с установки напряжения питания. Для этого нагружают стабилизатор резистором 15 Ом 5 Вт, отключив все платы частотомера (вынув их из корпуса). Подбирают диод $Д_{14}$ и стабилитрон $Д_{15}$, добиваясь на выходе стабилизатора напряжения 6,3 В. Возможно, что это напряжение будет на выходе и при замене диода $Д_{14}$ типа Д219А более распространенными Д9 или Д18.

После того как на выходе источника питания будет установлено напряжение 6,3 В, вставляют плату блока управления на место и с помощью осциллографа убеждаются в нормальной работе кварцевого генератора и делителей частоты. На этом этапе налаживания следует нажать кнопки «Счетчик» и «Контроль». Затем вставляют остальные платы и проверяют работу счетчика и только после этого убеждаются в правильной работе прибора во всех режимах измерений.

Правильно собранная пересчетная декада налаживания не требует. При первом включении триггеры могут иметь произвольное состояние, не соответствующее нормальной индикации какой-либо одной цифры. Поэтому после включения необходимо установить все декады на нуль. Затем подавая на вход первой декады импульсы от измерительного генератора частотой 1 Гц и амплитудой 2—3 В, убеждаются в нормальной работе декады. Если какая-либо из цифр горит непрерывно а остальные переключаются нормально, следует заменить транзистор, коллектор которого подключен к этой цифре.

Убедившись в том, что частотомер работает во всех режимах измерений, подают на первый вход сигнал с частотой 30 МГц от генератора ВЧ и, подбирая резистор R_{48}, добиваются максимальной чувствительности прибора, составляющей 150—300 мВ.

В последнюю очередь следует подогнать частоту кварцевого генератора. Увеличить частоту можно, осторожно уменьшая толщину серебряного покрытия мелкозернистой шлифовальной наждачной бумагой или ученической резинкой для стирания чернил. Повысить частоту генерации можно также, включив последовательно с кварцевым резонатором конденсатор 5—50 пФ. Контроль частоты генератора производят по цифровому частотомеру заводского изготовления или, в крайнем случае, по сигналам точного времени. За 24 ч работы генератора счетчик должен насчитать 864 000 колебаний.

Можно рекомендовать повысить точность измерений на низких частотах до 0,1 Гц, вводя третью плату делителей частоты. В двух последних делителях резистор R_{22} следует подключить к шине «Уст. 0», а R_{25} — к «+». Точка соединения конденсаторов C_3, C_4, C_7 должна быть соединена перемычкой с коллектором транзистора T_{11}, а не T_{12}. Это приведет к тому, что триггеры делителей частоты будут находиться в состоянии 1001, и после импульса установки нуля счетчик будет считать не через 1 или 10 с, а через 0,1 с. Это отображено на рисунках печатных плат, где указанные соединения сделаны пунктирными линиями.

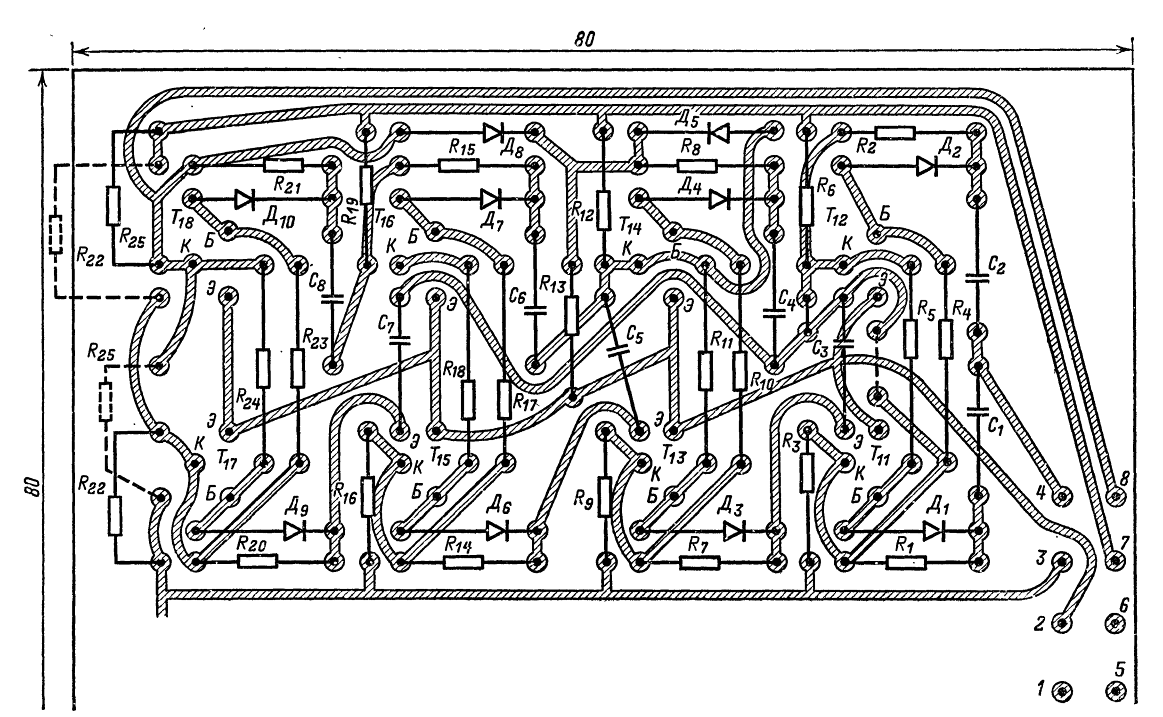


Рис. 5-31. Печатная плата делителя.

Рис. 5-32. Печатная плата пересчетной декады.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

ЭЛЕКТРОННЫЙ АВТОМАТ В БУДИЛЬНИКЕ «СЛАВА»

Электронно-механический будильник «Слава» пользуется большой популярностью благодаря высокой точности хода, четкости срабатывания боя, непрерывной работе в течение двух-трех лет всего от одного элемента 373. Но есть у будильника недостаток: он очень долго звонит.

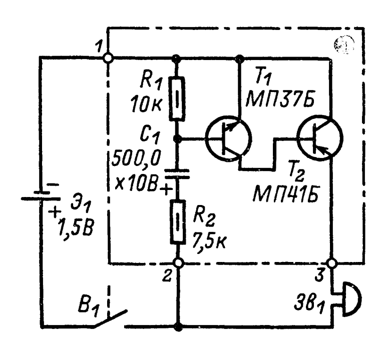


Рис. 6-1. Принципиальная схема реле времени автомата.

Ограничить продолжительность включения боя будильника можно с помощью электронного автомата. Принципиальная схема одного из возможных вариантов такого автомата, предложенного московским радиолюбителем А. Кисляком, показана на рис. 6-1. Здесь $Э_1$ — элемент 373 (или 343), питающий механизм будильника; $В_1$ — контакты, подключающие к элементу обмотку звонка $Зв_1$. Электронный автомат, вводимый в будильник, на этой схеме обведен штрихпунктирными линиями.

Автомат представляет собой электронное реле выдержки времени, собранный на маломощных низкочастотных транзисторах T_1 и T_2 разных структур. Связь между транзисторами непосредственная. Звонок $Зв_1$ оказывается подключенным к элементу $Э_1$ через контакты $В_1$ и участок эмиттер-коллектор транзистора T_2.

В установленное время срабатывает механизм боя, замыкаются контакты выключателя $В_1$ и через резистор R_2 и эмиттерный *p-n* переход транзистора T_1 начинает заряжаться конденсатор большой емкости C_1. При этом транзистор T_1 открывается и током коллектора открывает транзистор T_2. Сопротивление участка эмиттер-коллектор открытого транзистора T_2 становится столь малым, что через него звонок оказывается подключенным к элементу и начинает звонить. Спустя несколько секунд, когда конденсатор зарядится до напряжения элемента, ток через эмиттерный переход транзистора T_1 прекращается, оба транзистора закрываются, сопротивление участка эмиттер-коллектор транзистора T_2 резко увеличивается и звонок вновь оказывается отключенным от источника питания.

Резистор R_2 ограничивает ток заряда конденсатора, текущий через эмиттерный переход транзистора T_1. Резистор R_1 обеспечивает надежное закрывание транзистора T_1, а значит, и транзистора T_2, по окончании заряда конденсатора C_1. Длительность включения звонка будильника определяется в основном емкостью конденсатора C_1. При емкости 500 мкФ, указанной на схеме, продолжительность работы звонка составляет 8—10 с. Включая в реле выдержки времени конденсатор бо́льшей или, наоборот, меньшей емкости, продолжительность работы звонка будет соответственно больше или меньше.

Детали электронного автомата можно смонтировать на плате размерами 22×60 мм (рис. 6-2), вырезанной из листового гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 мм. Опорными точками монтажа могут быть пустотелые заклепки или отрезки облуженной медной проволоки диаметром 1—1,5 и длиной 8—10 мм, запрессованные в отверстия в плате. Плату с деталями, смонтированными на ней, укрепляют в правом нижнем углу корпуса (если на корпус смотреть сзади) с помощью двух планок из органического стекла, приклеенных дихлорэтаном к передней стенке корпуса с внутренней стороны.

Конденсатор C_1 типа К50-6 или К50-3 на номинальное напряжение 6—15 В. Резисторы R_1 и R_2 — МЛТ-0,5. Вместо транзистора МП37Б (T_1) можно использовать транзисторы МП38, КТ312, ТК315, а вместо транзистора МП41Б (T_2) — транзисторы МП40, МП42, МП21 с любым буквенным индексом.

При встраивании автомата в будильник провод, идущий от обмотки звонка к отрицательному полюсу питающего элемента $Э_1$, соединяют с контактом *3* (рис. 6-1), а затем проволочной перемычкой — с контактом *1* автомата. Другой проволочной перемычкой контакт *2* автомата соединяют с точкой соединения второго вывода обмотки звонка с шунтирующим ее резистором (на рис. 6-1 не показан).

На рис. 6-3 приведена схема другого варианта электронного автомата, встраиваемого в будильник «Слава». Его предложил горьковчанин А. Большаков. В этом автомате транзисторы T_1, T_2 и относящиеся к их цепям резисторы R_1—R_5 и конденсаторы C_1 и C_2 образуют мультивибратор — генератор электрических импульсов, близких по форме к прямоугольным. Длительность генерируемых импульсов и пауз между ними с помощью подстроечного резистора R_3 в базовых це-

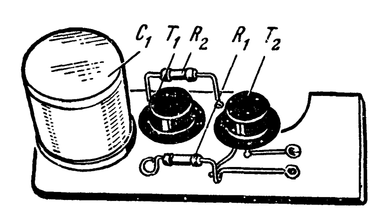


Рис. 6-2. Монтажная плата автомата.

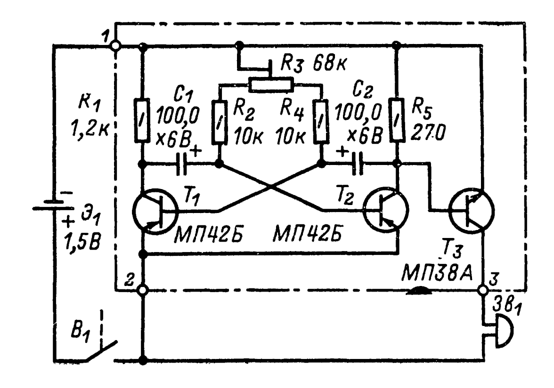


Рис. 6-3. Принципиальная схема автомата прерывистого боя часов.

пях транзисторов можно изменять от 2 до 10 с. Транзистор T_3 структуры *n-p-n*, база которого непосредственно подключена к коллектору транзистора T_2, выполняет роль электронного ключа. В те моменты времени, когда транзистор T_2 открыт, напряжение на базе транзистора T_3 относительно эмиттера близко к нулю, поэтому он закрыт. Когда же транзистор T_2 закрывается, транзистор T_3, наоборот, открывается и участком эмиттер — коллектор, сопротивление которого в это время мало, подключает звонок $Зв_1$ к питающему будильник элементу $Э_1$. Когда же транзистор T_2 открывается, транзистор T_3 закрывается и цепь питания звонка разрывается. И так, прерываясь, будильник звонит с частотой следования импульсов, генерируемых мультивибратором.

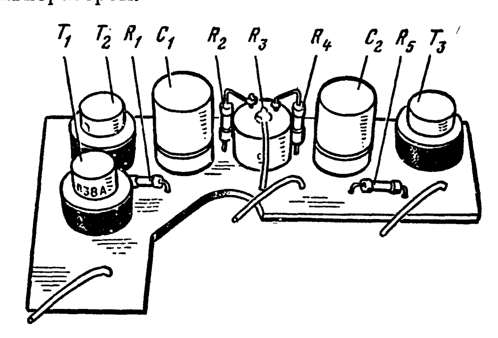


Рис. 6-4. Внешний вид монтажной платы автомата.

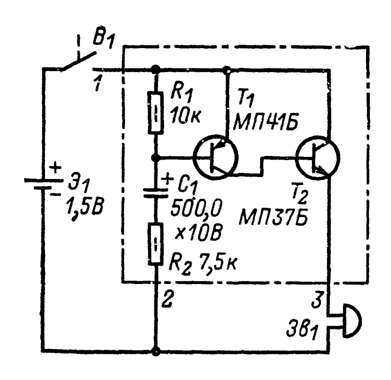


Рис. 6-5. Принципиальная схема реле времени для будильника, обмотка звонка которого находится на шине, соединенной с отрицательным электродом элемента питания.

Внешний вид монтажной платы этого варианта автомата показан на рис. 6-4. Монтаж может быть как печатным, так и навесным. Электролитические конденсаторы C_1 и C_2 типа К50-6, резистор R_3 — СПО-0,15. Резистор R_3 может быть постоянным, включенным между минусовым проводником питания и соединенными вместе верхними (по схеме) выводами резисторов R_2 и R_4. Подбором сопротивления этого резистора можно установить желаемую длительность прерывистого включения боя будильника.

В некоторых моделях будильника «Слава» обмотка звонка соединена с отрицательным полюсом элемента, а контакты выключателя боя находятся в разрыве плюсового проводника цепи питания. При монтаже электронных автоматов, встраиваемых в будильники с такой полярностью включения питающего элемента, необходимо учитывать этс обстоятельство. В автомате первого варианта, например, надо изменить полярность включения времязадающего электролитического конденсатора, транзисторы структур *p-n-p* и *n-p-n* поменять местами и включить их по схеме, приведенной на рис. 6-5. Во втором варианте транзисторы T_1 и T_2 мультивибратора должны быть структуры *n-p-n* (МП37, МП38, КТ312, КТ315), а транзистор T_3 электронного ключа — структуры *p-n-p* (МП41, МП42). Надо, разумеется, изменить и полярность включения электролитических конденсаторов C_1 и C_2.

Подобные автоматы можно встроить и в другие электронно-механические будильники.

ЧАСЫ С МУЗЫКАЛЬНЫМ БОЕМ

Радиолюбитель-конструктор В. Брославец из Новороссийска предложил оснастить электронной автоматикой стенные или настольные часы, чтобы в конце каждого часа раздавался бой в виде короткой музыкальной мелодии.

Устройство и принцип действия таких часов иллюстрирует рис. 6-6. На оси часов вместо стрелок туго

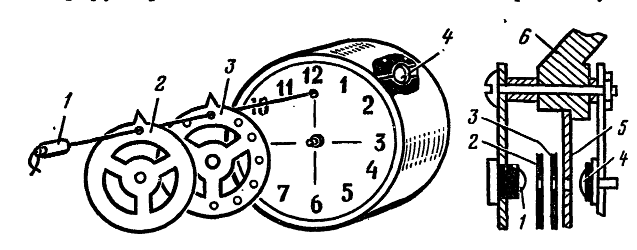


Рис. 6-6. Схема конструкции часов с музыкальным боем.

насаживают часовой *3* и минутный *2* диски, вырезанные из прочного непрозрачного материала, например из листового текстолита или гетинакса толщиной 0,5—1 мм. Выступы на дисках выполняют ту же роль, что и стрелки часов, — по их положению на циферблате определяют время. В минутном диске, точно под выступом-стрелкой, просверлено одно отверстие диаметром 4 мм, а в часовом диске таких отверстий, равномерно расположенных по окружности, двенадцать, но одно из них также должно быть точно под его выступом-стрелкой. Такое отверстие есть и в циферблате *5* под цифрой 12. При вращении дисков отверстия в них и циферблате должны совпадать.

Отверстия в центре дисков зависят от диаметров часовой и минутной осей в конструкции часов. Внешние же диаметры дисков должны быть такими, чтобы они не закрывали цифры на циферблате (примерно на пятую часть меньше диаметра циферблата).

Перед минутным диском устанавливают лампочку накаливания *1*, а сзади циферблата, против отверстия в нем, фотоэлемент *4*. В конце каждого часа отверстия в дисках и циферблате совпадают и через них луч света лампочки накаливания освещает фотоэлемент. При этом срабатывает фотореле блока электронной автоматики, которое включает музыкальный бой часов. Как только отверстие в минутном диске сместится относительно отверстия в часовом диске, перекроется луч света и бой прекратится.

Принципиальная схема блока электронной автоматики приведена на рис. 6-7. Питание его осуществляется от двухполупериодного выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$, включенных по мостовой схеме. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются фильтром, состоящим из низкочастотного дросселя $Др_1$ и электролитических конденсаторов C_1 и C_2. Напряжение на выходе фильтра выпрямителя — 24 В. От этого же источника питается и лампа $Л_1$ накаливания.

Роль датчика фотореле блока автоматики выполняет фотодиод $Д_5$. При освещении лучом лампы $Л_1$ его сопротивление резко уменьшается, отрицательное напряжение на базе транзистора T_1 увеличивается и он открывается. Одновременно срабатывает электромагнитное реле P_1, включенное в коллекторную цепь этого

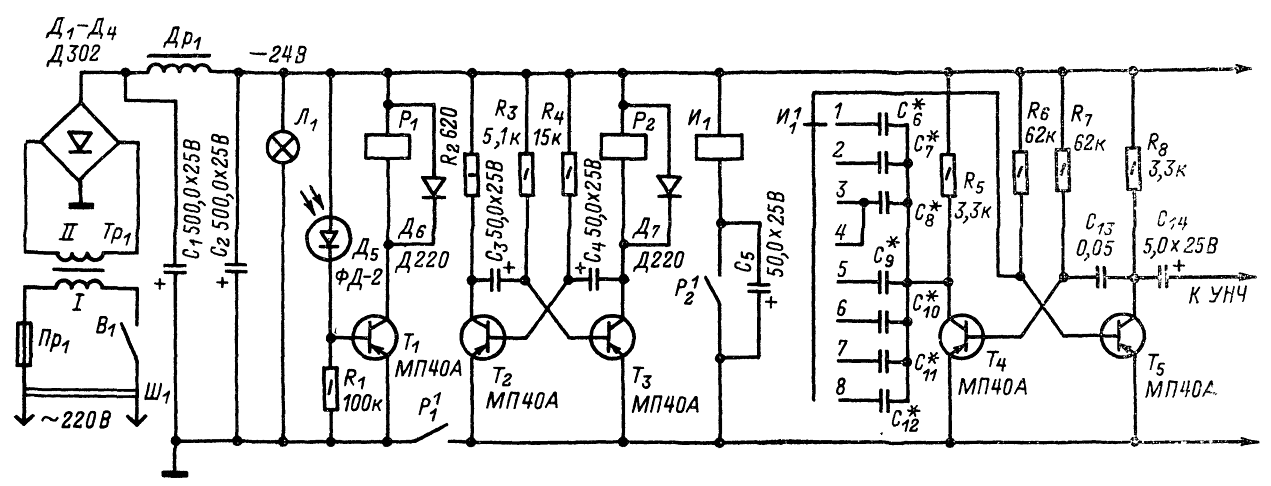


Рис. 6-7. Принципиальная схема электронного блока часов с музыкальным боем.

транзистора, которое контактами P_1^1 замыкает цепь питания двух взаимосвязанных мультивибраторов.

Мультивибратор на транзисторах T_2 и T_3 генерирует колебания с периодом, равным примерно 1 с. Через такие же промежутки времени срабатывает реле P_2 в коллекторной цепи транзистора T_3 и контактами P_2^1 замыкает цепь питания обмотки шагового искателя $И_1$. При этом щетка искателя $И_1^1$, перемещаясь по контактам *1—8*, включает между коллектором транзистора T_4 и базой транзистора T_5 второго мультивибратора частотозадающие конденсаторы C_6—C_{12}.

Второй мультивибратор является генератором колебаний НЧ. Частота генерируемых им колебаний в каждый отрезок времени, а значит, и высота звука исполняемой мелодии определяются емкостью конденсаторов, включаемых в мультивибратор шаговым искателем, которым управляет первый мультивибратор. С резистора R_8, являющегося нагрузкой транзистора T_5, колебания второго мультивибратора подаются через разделительный конденсатор C_{14} на вход усилителя НЧ с выходной мощностью 0,5—1 Вт, усиливаются и преобразуются головкой громкоговорителя в звуковые колебания исполняемой мелодии. Этот усилитель питается от выпрямителя блока автоматики и включается контактами P_1^1 реле P_1 одновременно с включением мультивибраторов. Если он рассчитан на питание меньшим напряжением, чем 24 В, избыточное напряжение гасят резистором соответствующего сопротивления и мощности рассеяния.

Как только луч света лампы $Л_1$ будет перекрыт минутным диском и сопротивление фотодиода увеличится, транзистор T_1 фотореле закроется, реле P_1 отпустит и его контакты, размыкаясь, разорвут цепь питания мультивибраторов и усилителя НЧ.

Конструкции блока автоматики и усилителя НЧ — произвольные. Это может быть единая конструкция, смонтированная в одном корпусе с блоком питания.

Транзисторы МП40А блока автоматики (T_1—T_5) можно заменить транзисторами МП25Б. Осветительная лампочка $Л_1$ типа СМ-37 или другая малогабаритная, рассчитанная на напряжение 24—26 В. Диоды Д302 выпрямителя ($Д_1$—$Д_4$) можно заменить на Д214Б, Д215Б и другие, рассчитанные на выпрямленный ток не менее 1 А. Можно использовать и диоды Д226 (с любым буквенным индексом), но в этом случае в каждое плечо выпрямительного моста надо будет включить по 3—4 таких диода, соединенных параллельно.

Трансформатор питания Tp_1 выполнен на магнитопроводе Ш16×30. Обмотка *I*, рассчитанная на напряжение сети 220 В, должна содержать 2900 витков провода ПЭВ 0,26, обмотка *II* — 250 витков ПЭВ 0,6. Дроссель $Дp_1$ намотан на магнитопроводе Ш12×12 и содержит 500 витков провода ПЭВ 0,6. Его магнитопровод собирают с зазором 0,1—0,15 мм.

Электромагнитные реле P_1 и P_2 РЭС-9 (паспорт РС4.524.200), шаговый искатель $И_1$ ШИ-11 (паспорт РС3.250.012Д).

Резистор R_1 типа МЛТ-1,0, остальные резисторы — МЛТ-0,25. Конденсаторы C_1—C_5, C_{14}— К50-6, C_6—C_{13}— МБМ. Емкость конденсаторов C_6—C_{12} зависит от выбранной мелодии. Так, для исполнения мелодии первой строчки «Песенки крокодила Гены» емкость этих конденсаторов должна быть в пределах 0,025 (C_6) — 0,043 (C_{12}) мкФ. Меняя емкости конденсаторов (соединяя параллельно по два-три конденсатора), подбирают на слух мелодию.

Налаживание начинают с проверки работы выпрямителя и четкости срабатывания реле P_1 при освещении фотодиода. Затем часы останавливают, а диски поворачивают так, чтобы фотодиод был постоянно освещен. К выходу блока автоматики подключают высокоомные головные телефоны (ТА-56М, ТОН-2) и подбором конденсаторов C_6—C_{12} добиваются колебаний второго мультивибратора, соответствующих исполняемой мелодии. Если будет выбрана более «длинная» мелодия, в частотозадающую цепь включают еще несколько конденсаторов.

При диаметре отверстий в часовом и минутном дисках, равном 4 мм, фотодиод освещается около минуты. За это время мелодия повторяется 5—7 раз. Эти отверстия в дисках могут иметь также форму узких щелей, шириной которых можно изменять длительность включения блока автоматики.

ПЕРЕГОВОРНОЕ УСТРОЙСТВО

Для связи с товарищем, живущим в соседней квартире или в соседнем доме (в сельской местности), между двумя палатками в туристском лагере и многих других случаях можно использовать простое переговорное устройство, разработанное Ю. Прокопцевым. Оно состоит из двух одинаковых аппаратов, соединяемых линией связи. Длина проводной линии связи может быть 200—300 м. Иногда, например в туристском палаточном лагере, роль одного провода линии связи может выполнять земля.

Принципиальная схема одного из переговорных аппаратов показана на рис. 6-8. Он состоит из усилителя

НЧ, динамической головки $Гр_1$ с согласующим трансформатором $Тр_1$, питающей батареи $Б_1$, кнопки $Кн_1$ «Вызов» и четырехсекционного переключателя $В_1$, которым коммутируют цепи аппарата при разговоре. Через зажимы *1* и *2* аппарат соединяют точно с таким же аппаратом, находящимся на другом конце линии связи.

Усилитель НЧ, являющийся основой переговорного аппарата, двухкаскадный. В первом его каскаде работает транзистор $Т_1$ структуры *n-p-n*, во втором — составной транзистор $Т_2Т_3$ структуры *p-n-p*. Связь между каскадами емкостная, через конденсатор $С_4$. Начальное положительное напряжение смещения на базу транзистора $Т_1$ подается с делителя R_1R_2, а отрицательное напряжение смещения на базу составного транзистора $Т_2Т_3$ — с делителя R_5R_6. Резисторы R_3 и R_8 — элементы термостабилизации режимов работы транзисторов, а шунтирующие их конденсаторы $С_3$ и $С_5$ устраняют отрицательные обратные связи, снижающие усиление каскадов.

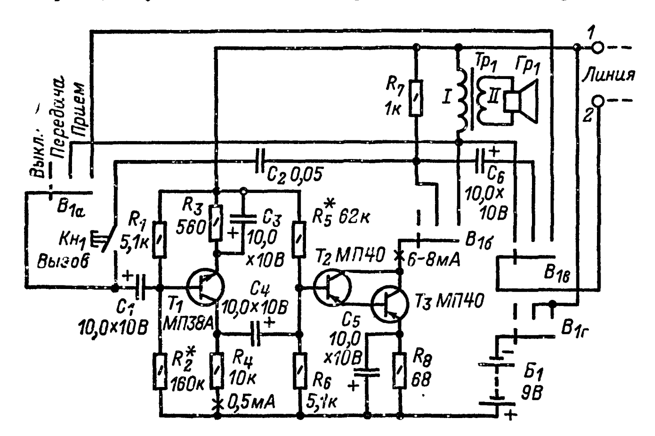


Рис. 6-8. Схема переговорного устройства.

Роль нагрузки второго каскада усилителя выполняют: в режиме «Передача» — резистор R_7, в режиме «Прием» — головка $Гр_1$, включаемая в коллекторную цепь составного транзистора через трансформатор $Тр_1$. Во время передачи головка используется как микрофон.

Исходное положение переключающих контактов секций переключателей $В_1$ обоих переговорных аппаратов — «Выключено». В это время батарея $Б_1$, питающая усилитель, отключена, а первичная обмотка трансформатора через секцию $В_{1б}$ переключателя и линию связи соединена с такой же обмоткой трансформатора второго переговорного аппарата. Чтобы вызвать абонента для разговора, надо перевести переключатель $В_1$ в положение «Передача» и нажать кнопку $Кн_1$ «Вызов». При этом будет включена батарея питания, в коллекторной цепи составного транзистора окажется резистор R_7, а между этой цепью и базой транзистора $Т_1$ — конденсатор $С_2$. Одновременно ко входу усилителя будет подключена (через согласующий трансформатор) головка $Гр_1$. Конденсатор $С_2$ создает между выходом и входом усилителя положительную обратную связь, благодаря которой усилитель, самовозбуждаясь, становится генератором колебаний звуковой частоты. Генерируемые колебания через конденсатор $С_6$, контакты секции $В_{1б}$ и линию связи подаются к головке аппарата вызываемого абонента и преобразуют его в звук средней тональности. Услышав сигнал, он переводит переключатель своего аппарата в положение «Прием», при котором линия связи окажется подключенной ко входу, а согласующий трансформатор с динамической головкой — к выходу усилителя.

Чтобы передать сообщение, надо отпустить кнопку $Кн_1$, чтобы разорвать цепь обратной связи, и говорить перед головкой, которая в этом случае работает как микрофон. Созданные ею колебания звуковой частоты усиливаются последовательно соединенными усилителями обоих переговорных аппаратов и на другом конце линии преобразуются в звуковые колебания — абонент второго аппарата слышит голос первого абонента.

Для передачи сообщения в обратную сторону переключатель рода работы второго аппарата надо перевести в положение «Передача», а первого — в положение «Прием». Закончив разговор, переключатели обоих аппаратов устанавливают в положение «Выкл.».

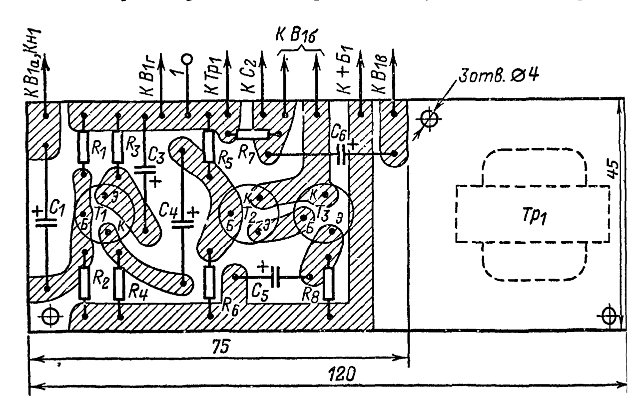


Рис. 6-9. Монтажная плата переговорного устройства.

Все детали переговорного аппарата, кроме динамической головки, кнопки и переключателя рода работы, можно смонтировать на печатной плате размерами примерно 120×45 мм (рис. 6-9) из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. Головку, кнопку и переключатель крепят на лицевой стенке корпуса, например готового корпуса малогабаритного транзисторного приемника, в котором размещают монтажную плату и батарею питания. Возле ручки переключателя делают надписи соответствующих режимов работы.

Источником питания может служить батарея «Крона», аккумуляторная батарея 7Д-0,1 или, если позволяет объем корпуса, две батареи 3336Л. Переключатель $В_1$ — галетного типа, на 3 положения и 4 направления. Головка $Гр_1$ — 0,5ГД-12 или подобная ей мощностью 0,25—0,5 Вт. Трансформатор $Тр_1$ — от транзисторного приемника «Альпинист» (включается одна из половин первичной батареи). Транзистор $Т_1$ первого каскада усилителя должен иметь коэффициент $h_{21Э}$ не менее 50. Коэффициент $h_{21Э}$ транзисторов второго каскада может быть меньше, но первым ($Т_2$) должен быть тот из них, у которого ток $I_{КБО}$ меньше.

Все электролитические конденсаторы типа К50-3, К53-1, ЭМ на номинальное напряжение не менее 10 В, конденсатор $С_2$ — БМ или МБМ; резисторы МЛТ-0,25 или МЛТ-0,5.

Зажимы для подключения проводов линии связи, укрепленные на одной из стенок корпуса, могут быть любой конструкции.

Налаживание аппарата сводится к проверке и, если надо, подгонке режимов работы транзисторов усилителя. Делают это при установке переключателя в положение «Передача». Рекомендуемый ток составного транзистора $Т_2Т_3$ устанавливают подбором резистора R_5, транзистора $Т_1$ — подбором резистора R_2. Если после этого говорить перед головкой, то в телефонах, подключенных к линейному выходу, конструктор услышит свой голос. А если нажать кнопку «Вызов», то в телефонах раздастся громкий звук средней тональности.

В усилитель можно ввести регулятор громкости (если его чувствительность окажется высокой). Для этого постоянный резистор R_1 надо заменить переменным (или подстроечным) резистором такого же номинала и с его движком соединить правый (по схеме на рис. 6-8) вывод входного конденсатора C_1. Этим резистором устанавливают желательный уровень громкости.

МИГАЮЩИЕ ОГНИ НА НОВОГОДНЕЙ ЕЛКЕ

Новогодняя елка сама по себе красива. Но она становится еще красивее, если на ее ветвях загораются лампочки гирлянд, переключаемые электронными автоматами. Интерес к ним проявляют многие радиолюбители. Не случайно поэтому в журнале «Радио», обычно ближе к концу года, появляются описания подобных устройств.

Расскажем о трех вариантах разных по сложности и световому эффекту электронных переключателей елочных гирлянд.

На рис. 6-10 показана принципиальная схема переключателя, предложенного краснодарскими радиолюбителями Ю. Негрием и А. Поливодой. Устройство состо-

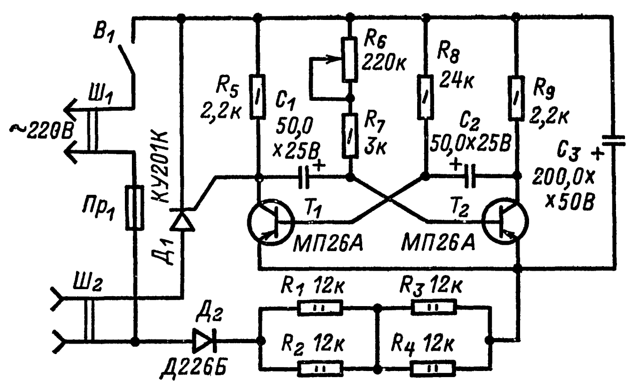


Рис. 6-10. Схема автоматического устройства для включения одной елочной гирлянды.

ит из мультивибратора, собранного на транзисторах T_1 и T_2, и управляемого электронного ключа, роль которого выполняет тринистор $Д_1$. Питание осуществляется от сети переменного тока через однополупериодный выпрямитель на диоде $Д_2$. Резисторы $R_1 - R_4$ гасят избыточное напряжение выпрямителя и, кроме того, совместно с конденсатором C_3 образуют фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного напряжения.

Во время работы мультивибратора его транзисторы периодически, с частотой, определяемой параметрами резисторов и конденсаторов в их цепях, поочередно переходят из открытого состояния в закрытое, и наоборот. Когда транзистор T_1 открывается, на управляющем электроде тринистора $Д_1$ относительно катода появляется положительное напряжение, открывающее тринистор. Открываясь, тринистор замыкает цепь питания лампочек гирлянды, включенной в розетку разъема $Ш_2$. Как только транзистор T_1 открывается и на управляющем электроде тринистора появляется отрицательное напряжение, тринистор закрывается и лампочки гирлянды гаснут.

Длительность пауз между вспышками гирлянды постоянна и равна примерно 1 с. Продолжительность же горения лампочек гирлянды можно изменять в пределах от 0,5 до 10 с переменным резистором R_6. Крайнее верхнее (по схеме) положение движка этого резистора соответствует наименьшей, а крайнее нижнее — наибольшей продолжительности горения гирлянды.

Гирлянда лампочек должна быть рассчитана на напряжение сети. Можно включить параллельно две гирлянды, но их общий потребляемый ток не должен превышать 1,5 А.

Автомат можно смонтировать в пластмассовой коробке размерами примерно 90×60×30 мм. Конденсаторы C_1—C_3 типа К50-6, постоянные резисторы — МЛТ-2,0 (R_1—R_4) и МЛТ-0,25 (остальные), переменный резистор R_6 — СПО-0,5 Если напряжение сети 127 В, тринистор $Д_1$ может быть типа КУ201Ж или КУ201И.

Для периодического включения другой гирлянды можно использовать правое (по схеме) плечо мультивибратора. Для этого потребуются еще один тринистор и разъем. Их включают так же, как в левом плече мультивибратора. Но длительность горения этой гирлянды (а гореть она будет тогда, когда первая гирлянда выключена) составит около 1 с. Если резисторы R_6 и R_7 заменить одним постоянным резистором сопротивлением 24 кОм (как R_8), чтобы мультивибратор стал симметричным, длительность попеременного горения обоих гирлянд будет одинаковой

Принципиальная схема второго варианта автомата, рассчитанного на управление пятью гирляндами, показана на рис. 6-11. Его разработал В. Попович из г. Ижевска.

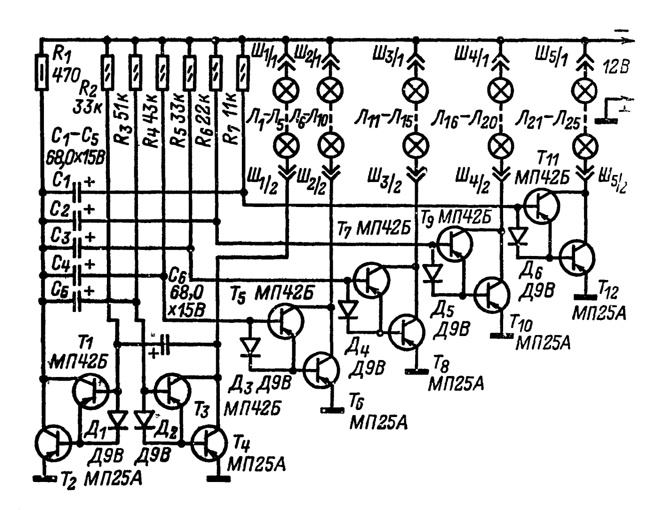


Рис. 6-11. Схема автомата для управления пятью елочными гирляндами.

Основой переключателя служит несимметричный мультивибратор, собранный на составных транзисторах T_1T_2 и T_3T_4. В коллекторную цепь транзистора T_3T_4 включена через разъем $Ш_1$ гирлянда лампочек, продолжительность горения которой выбрана равной 0,5 с. К коллектору транзистора левого (по схеме) плеча мультивибратора через конденсаторы $C_1 - C_4$ подключены четыре усилителя, собранные на составных транзисторах $T_5T_6 - T_{11}T_{12}$. В их коллекторные цепи включены соответствующие гирлянды $Л_6 - Л_{10}$, $Л_{11} - Л_{15}$, $Л_{16} - Л_{20}$ и $Л_{21} - Л_{25}$. Продолжительность горения каждой из этих гирлянд определяется данными времязадающих цепей C_1R_7, C_2R_6, C_3R_5 и C_4R_4 в базовых цепях составных транзисторов. Работу описываемого электронного переключателя гирлянд иллюстрируют временные диаграммы, показанные на рис. 6-12.

Предположим, что транзистор T_1T_2 мультивибратора закрылся в момент времени t_1. В этот же момент открылись транзистор T_3T_4 мультивибратора и все транзисторы усилителей и, следовательно, начали гореть лампочки всех пяти гирлянд. В это время конденсаторы $C_1 - C_5$ заряжаются через эмиттерные переходы транзисторов $T_3T_4 - T_{11}T_{12}$ и общий резистор R_1 (в коллекторной цепи транзистора T_1T_2); конденсатор C_6 разряжается через открытый транзистор T_4 и резистор

R_2. В момент времени t_2 разряд конденсатора C_5 заканчивается и транзисторы мультивибратора переходят в другое состояние — транзистор T_1T_2 открывается, а T_3T_4 закрывается. Одновременно закрываются транзисторы усилителей. Лампочки всех гирлянд гаснут.

Теперь конденсаторы C_1 — C_5 начинают разряжаться через соответствующие им резисторы R_3 — R_7, а конденсатор C_6 мультивибратора — заряжаться. Быстрее всех разрядится конденсатор C_1, так как сопротивление резистора R_7 меньше, чем сопротивление резисторов других времязадающих цепей. При этом откроется транзистор $T_{11}T_{12}$ и включится гирлянда $Л_{21}$ — $Л_{25}$. Далее с интервалами, равными примерно 0,5 с, открываются последовательно транзисторы T_9T_{10}, T_7T_8, T_5T_6, T_3T_4 и включаются соответствующие им гирлянды $Л_{16}$ — $Л_{20}$, $Л_{11}$ — $Л_{15}$, $Л_6$ — $Л_{10}$ и $Л_1$ — $Л_5$. В момент времени t_3, когда конденсатор C_6 зарядится, транзисторы мультивибратора переходят в исходное состояние и цикл работы переключателя повторяется.

Для питания переключателя и коммутируемых им гирлянд можно использовать любой источник постоянного тока (выпрямитель или аккумуляторную батарею) мощностью 15—20 Вт и выходным напряжением 10—13 В.

Все электролитические конденсаторы типа К53-1 или К53-4 (можно К50-6 емкостью 50 мкФ), резисторы — МЛТ-0,5 (R_1) и МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25. Вместо транзисторов МП42Б можно применить транзисторы МП39 — МП42 с любым буквенным индексом и коэффициентом $h_{21Э}$ не менее 40. Транзисторы МП25А можно заменить на МП26Б, ГТ403А с коэффициентом $h_{21Э}$ не менее 30.

Каждая гирлянда состоит из пяти миниатюрных ламп накаливания МН 2,5-0,15. Число лампочек в гирляндах можно увеличить до 10—12, соответственно увеличив напряжение источника питания и применив электролитические конденсаторы на номинальное напряжение 25—50 В. Но гирлянды можно питать и непосредственно от сети переменного тока. Для этого в коллекторные цепи составных транзисторов T_3T_4—$T_{11}T_{12}$ надо включить электромагнитные реле типов РЭС-9 (паспорт РС4.524.202), РЭС-6 (паспорт РФО.452.145) или РСМ-1 (паспорт Ю.171.81.53) и через их нормально разомкнутые контакты подключить гирлянды к сети.

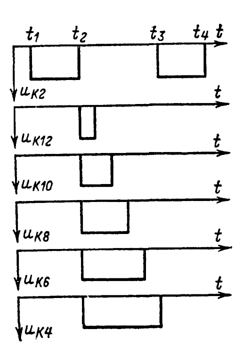


Рис. 6-12. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу переключателя.

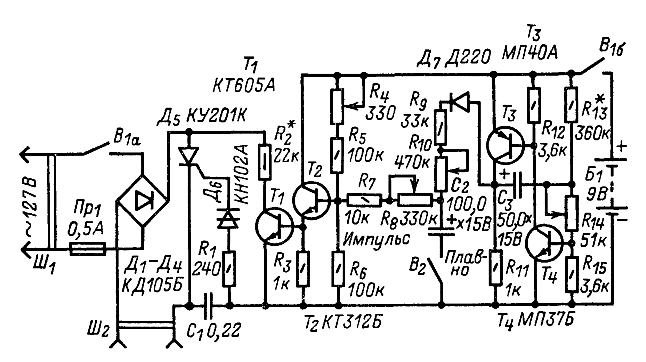


Рис. 6-13. Схема устройства, регулирующего вспышки гирлянд.

Принципиальная схема автомата третьего варианта изображена на рис. 6-13. Это регулирующее устройство, разработанное москвичом А. Межлумяном, позволяет получить вспышки гирлянды, изменяющиеся как по длительности, так и по яркости свечения, причем характер этих изменений можно устанавливать по своему желанию с помощью переменных резисторов. В устройстве, кроме того, предусмотрен режим переключения гирлянды.

Автомат состоит из регулятора мощности с изменяемым углом отсечки выходного тока и генератора управляющего сигнала. В регуляторе мощности работают тринистор $Д_5$, динистор $Д_6$ и транзисторы T_1 и T_2. Угол отсечки выходного тока изменяется за счет изменения сопротивления участка эмиттер — коллектор транзистора T_1, выполняющего роль управляемого переменного резистора в фазосдвигающей цепочке $R_2T_1C_1$. При открывании транзистора T_1 угол отсечки близок к нулю и яркость ламп гирлянды, включенной в розетку штепсельного разъема $Ш_2$, максимальна. По мере закрывания транзистора его сопротивление возрастает, угол отсечки увеличивается, а яркость ламп гирлянды ослабевает. Когда угол отсечки достигает 180°, лампы гирлянд гаснут. При дальнейшем увеличении сопротивления транзистора T_1 регулятор мощности начинает работать в режиме деления частоты на 2: ток через тринистор $Д_5$ проходит через период. При этом лампы гирлянды загораются и светятся с меньшей яркостью и затем плавно гаснут. Еще большее увеличение сопротивления транзистора T_1 приводит к делению частоты на 3, 4 и т. д. В этом случае лампы гирлянды вспыхивают от отдельных импульсов тока, создавая эффект мерцающего света.

Роль генератора управляющих импульсов выполняет несимметричный мультивибратор на транзисторах T_3 и T_4 разных структур. Частоту колебаний, генерируемых мультивибратором, регулируют переменным резистором R_{14}. Когда контакты выключателя B_2 замкнуты, что соответствует режиму «Плавно», импульсы мультивибратора с коллектора транзистора T_3 через диод $Д_7$ поступают на интегрирующую цепочку $R_9R_{10}C_2$. Постоянную времени интеграции импульсов регулируют переменным резистором R_{10}. Во время пауз между импульсами конденсатор C_2 разряжается через резисторы R_3, R_7 и входную цепь транзистора T_2, включенного эмиттерным повторителем. Продолжительность разряда и амплитуду сигнала на входе этого каскада регулируют переменным резистором R_4 и, кроме того, переменным резистором R_8 в базовой цепи транзистора T_2.

Временные диаграммы работы автомата в режиме плавного изменения яркости свечения ламп гирлянды приведены на рис. 6-14.

Для работы в импульсном режиме контакты выключателя B_2 должны быть разомкнуты, т. е. быть в положении «Импульс». В этом случае импульсы мультивибратора подаются на базу транзистора T_2 без какой-либо интеграции и устройство прерывисто, как обычный электронный переключатель, включает и выключает питание гирлянды с частотой колебаний мультивибратора.

Постоянные резисторы, используемые в этом устройстве, МЛТ-0,5 (R_2) и МЛТ-0,25, переменные СПО-0,5, конденсатор C_1 МБМ, C_2 и C_3 К50-6. Транзистор КТ605А (T_1) можно заменить на КТ605Б, КТ604Б; транзистор КТ312Б (T_2) — на КТ315Б, КТ315Г, КТ315Е с коэффициентом $h_{21Э}$ не менее 100. Вместо транзистора МП40А (T_3) можно использовать транзисторы

МП39Б, МП40, МП41; вместо транзистора МП37Б (T_4) — МП38. Диоды КД105Б ($Д_1$—$Д_4$) можно заменить на Д226Б, Д7Ж; тринистор КУ201К ($Д_5$) — на КУ201Л, КУ202К — КУ202Н, динистор КН102А ($Д_6$) — на КН102Б, диод Д220 ($Д_7$) — на Д220А, Д220Б. Источник питания «Крона» или аккумуляторная батарея 7Д-0,1.

Гирлянда, рассчитанная на напряжение 127 В, может быть готовой, приобретенной в магазине культто-

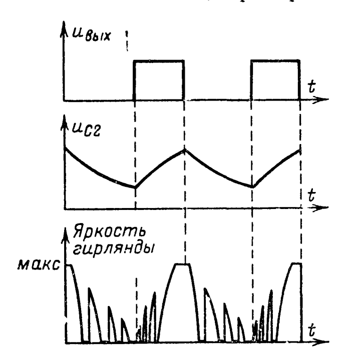


Рис. 6-14. Временные диаграммы работы устройства в режиме плавного изменения яркости гирлянд.

варов, или самодельной, составленной, например, из 20 лампочек МН 6,3—0,3. В любом случае ток, потребляемый гирляндой, не должен быть более 0,5 А. Можно использовать и гирлянду на напряжение сети 220 В с током потребления не более 0,3 А, но в этом случае напряжение на выпрямительный мост $Д_1$—$Д_4$, не превышающее 175 В, должно подаваться через трансформатор или автотрансформатор.

Настройку автомата начинают с проверки работоспособности мультивибратора. Для этого, не включая тока гирлянду в розетку разъема $Ш_2$, движок переменного резистора R_{14} устанавливают в нижнее (по схеме) положение, параллельно резистору R_{11} подключают вольтметр постоянного тока на напряжение 10—15 В и включают питание. Стрелка вольтметра должна периодически отклоняться на некоторый угол и возвращаться на нулевую отметку. Если, однако, генерации нет или она неустойчива, подбирают резистор R_{13}, а затем переменным резистором R_{14} устанавливают длительность импульсов и пауз между ними от 4 до 8 с.

Затем проверяют регулятор мощности. Выключив предварительно питание, резистор R_7 отключают от резистора R_8, подключают гирлянду и вновь включают устройство в сеть. Яркость свечения лампочек гирлянды должна плавно изменяться при перемещении движка переменного резистора R_4 от одного крайнего до другого крайнего положения. Желательную наибольшую яркость свечения ламп устанавливают подбором резистора R_2 в коллекторной цепи транзистора T_1 регулятора мощности.

Далее устройство настраивают на желаемый режим работы. Восстановив соединение резисторов R_7 и R_8, движки переменных резисторов R_4, R_8 и R_{10} устанавливают в положения наибольшего сопротивления этих резисторов, а переключатель режимов B_2 — в положение «Плавно». После этого, включив питание, переменными резисторами R_4 и R_8 устанавливают желательную частоту вспышек и наибольшую яркость, а резистором R_{10} — продолжительность увеличения яркости свечения ламп гирлянды.

В режиме «Импульс» частоту вспышек гирлянды регулируют переменным резистором R_{14}.

Конструктивное оформление описанных здесь устройств произвольное. Но при испытании, налаживании и эксплуатации автоматов первого и третьего вариантов не следует забывать, что они имеют непосредственный контакт с питающей их сетью. Поэтому, соблюдая правила техники безопасности, эти устройства следует монтировать в закрывающихся пластмассовых коробках подходящих размеров, на оси регулировочных резисторов надевать ручки из изоляционного материала, а замену деталей производить только после отключения их от сети.

МОДЕЛЬ, УПРАВЛЯЕМАЯ ЗВУКОМ

Конструирование аппаратуры радиоуправления моделями связано с рядом трудностей: требуется разрешение Инспекции электросвязи на постройку и эксплуатацию, нередко нужны дефицитные детали, сложные измерительные приборы для налаживания.

Описываемое здесь устройство телеуправления, разработанное Э. Тарасовым, предназначено для управления голосом, свистком или просто хлопками в ладоши. При этом модель на каждый звук в определенной последовательности (по заданной программе) выполняет команды: «Вперед», «Стоп», «Назад», «Стоп», «Вперед» и т. д. Реверсирование электродвигателя модели, которое необходимо для изменения направления ее движения, происходит автоматически при переключении полярности источника питания.

Принципиальная схема аппаратуры телеуправляемой модели и схема ее электропривода показаны на рис. 6-15. Приемник модели состоит из двухкаскадного усилителя НЧ на транзисторах T_1 и T_2 с микрофоном $Мк_1$ на входе и двух триггеров на транзисторах T_3, T_4 (первый триггер) и T_6, T_7 (второй триггер) с соответствующими им усилителями на транзисторах T_5 и T_8. В коллекторные цепи транзисторов T_5 и T_8 включены электромагнитные реле P_2 и P_3. Контакты P_2^1 реле P_2 усилителя первого триггера подключают электродвигатель M_1 к питающей его батарее $Б_2$, а контакты P_3^1 и P_3^2 реле P_3 усилителя второго триггера изменяют полярность подключения электродвигателя к этой батарее.

Сущность действия приемника иллюстрируют изображенные на рис. 6-16 его структурная схема и графики электрических процессов, происходящих в его цепях и узлах. На структурной схеме оба триггера ($Тг_1$ и $Тг_2$) изображены в виде прямоугольников, в которых одна половина, соответствующая открытому состоянию входящего в триггер транзистора, заштрихована. Звуковые командные сигналы микрофон $Мк$ преобразует в импульсы электрических колебаний низкой частоты (график на рис. 6-16,*а*). Звуковой сигнал может быть любой длительности. Импульс переменного напряжения, усиленный транзисторами T_1 и T_2 (график на рис. 6-16,*б*), с обмотки реле P_1 поступает на диоды $Д_1$ и $Д_2$, выпрямляется ими и в виде импульса постоянного напряжения отрицательной полярности (график на рис. 6-16,*в*) через резистор R_4 подается на базу транзистора T_2. Транзистор при этом открывается больше, ток в его коллекторной цепи резко увеличивается и электромагнитное реле, включенное в эту цепь, срабатывает — сигнал принят.

Контакты P_1^1 реле P_1, резистор R_9 и конденсаторы C_5—C_7 образуют формирователь кратковременных импульсов (график на рис. 6-16,*г*), управляющих транзисторами T_3 и T_4 первого триггера. Пока реле P_1 не сработало и его контакты P_1^1 разомкнуты, конденсаторы C_6 и C_7 заряжаются через резисторы R_8, R_{10} и общий резистор R_9. В это время один из транзисторов этого триггера открыт, а второй, наоборот, закрыт. Как только под действием принятого сигнала реле P_1 сработает и его контакты замкнутся, импульсы напряжения положительной полярности разряжающихся (через резисторы R_8 и R_{10}) конденсаторов C_6 и C_7 через открытые диоды $Д_3$ и $Д_4$ будут поданы на базы транзисторов триггера. При этом тот из транзисторов, который до этого момента был открыт, закроется, а который был закрыт — откроется. Первый триггер таким образом пере-

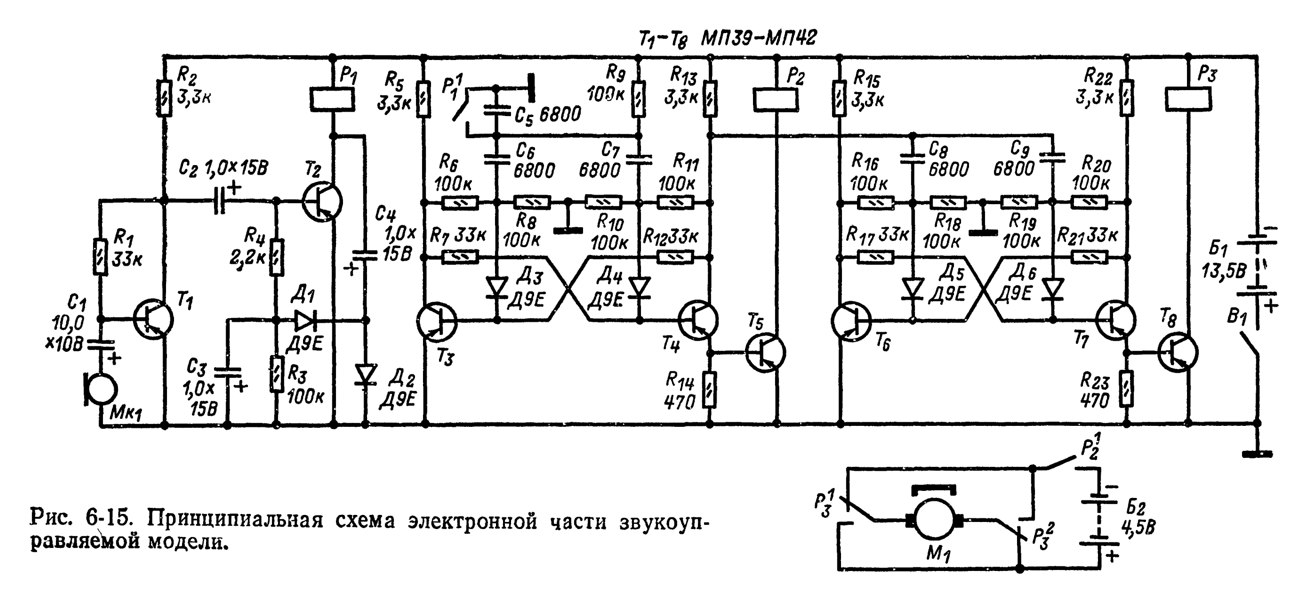


Рис. 6-15. Принципиальная схема электронной части звукоуправляемой модели.

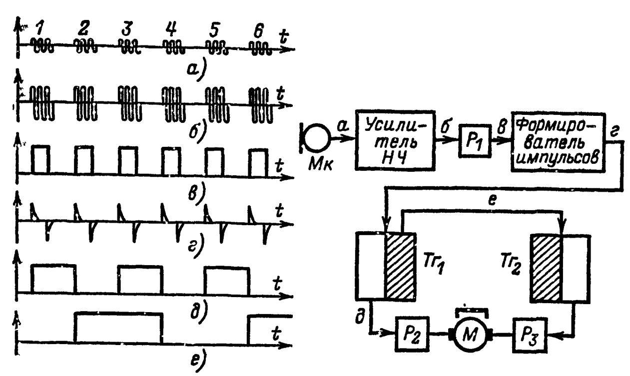


Рис. 6-16. Структурная схема и графики электрических процессов, происходящих в цепях и узлах приемника модели.

ключится в другое устойчивое состояние и будет находиться в нем до следующего командного сигнала, когда на базы его транзисторов будет подан очередной короткий положительный импульс, переключающий триггер в другое устойчивое состояние. Когда открывается транзистор T_4, транзистор T_5 также открывается и реле P_2 в его коллекторной цепи срабатывает.

Второй триггер приемника аналогичен первому, но управляется он импульсами напряжения, создающимися на нагрузочном резисторе R_{13} транзистора T_4 первого триггера. Для второго триггера этот транзистор выполняет роль, аналогичную функции контактов P_1^1 реле P_1: когда он открывается, то импульсы напряжений положительной полярности разряжающихся конденсаторов C_8 и C_9 переключают второй триггер из одного устойчивого состояния в другое. Когда открывается транзистор T_7, то срабатывает реле P_3, включенное в коллекторную цепь транзистора T_8, открывающегося вместе с транзистором T_7.

Последовательное состояние триггеров приемника и соответствующая им коммутация цепи питания электродвигателя контактами электромагнитных реле P_2 и P_3 показаны на рис. 6-17. Предположим, что после включения питания транзисторы триггеров оказались в состоянии *а*. В этом случае контакты P_2^1 реле P_2 разомкнуты. Электродвигатель обесточен и модель, следовательно, стоит на месте. Первый звуковой сигнал, какой бы продолжительности он ни был, переключит первый триггер $Тг_1$ в состояние *б*. При этом контакты P_2^1 сработавшего реле P_2 замкнут цепь питания электродвигателя и модель начнет двигаться вперед. Второй командный сигнал переключит оба триггера в другие устойчивые состояния (рис. 6-17, *в*). Закрывающийся транзистор T_4 обесточит обмотку реле P_2, его контакты P_2^1, размыкаясь, разорвут цепь питания электродвигателя и модель остановится, а контакты P_3^1 и P_3^2 сработавшего реле P_3 изменят полярность подключения электродвигателя к батарее $Б_2$. Следующий, третий командный сигнал переключит в другое устойчивое состояние только первый триггер (рис. 6-17, *г*), а состояние второго триггера аппаратуры останется прежним. Одновременно контакты P_2^1 сработавшего реле P_2 замкнут цепь питания электродвигателя и модель начнет двигаться в обратном направлении — назад. Если теперь подать

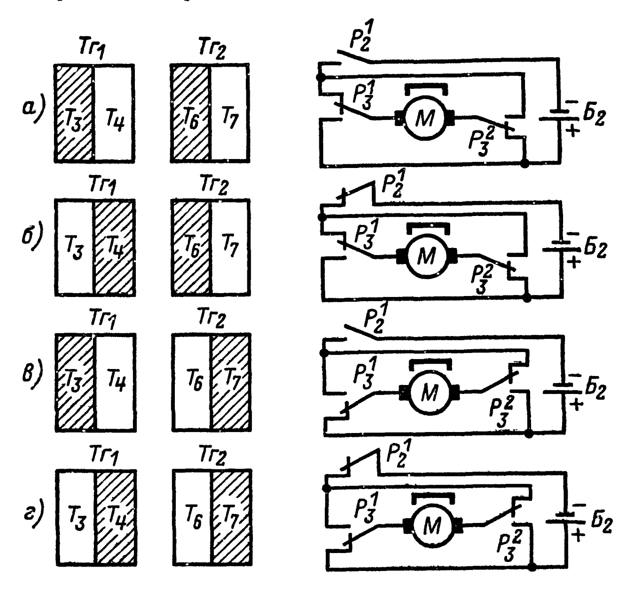
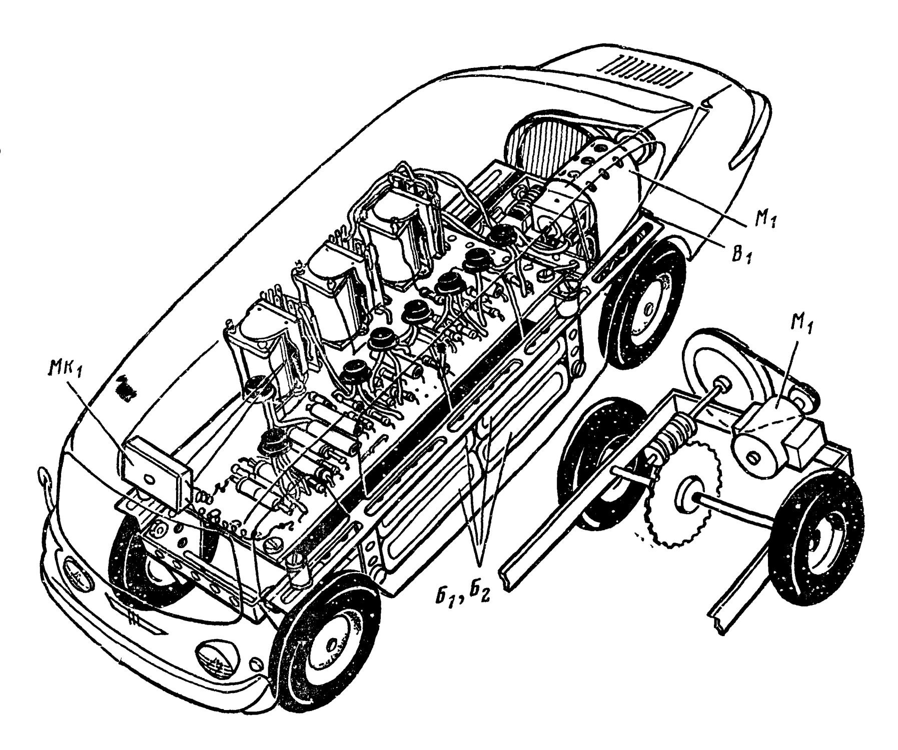


Рис. 6-17. Последовательное состояние триггеров приемника и соответствующая им коммутация цепи питания электродвигателя.

четвертый звуковой сигнал, то оба триггера приемника и контакты реле, включающие питание и реверсирующие электродвигатель, примут исходное положение *а*. По пятому сигналу начнется следующий цикл работы приемной аппаратуры модели.

Конструкция модели с установленным на ней приемником и схема соединения деталей приемника на монтажной плате показаны на рис. 6-18. Шасси модели и двухступенчатый редуктор силовой передачи собраны из деталей «Металлоконструктора» производства ГДР, в который входит и электродвигатель. Для других аналогичных «Металлоконструкторов» может измениться только схема силовой передачи. На шасси сверху укреплены микрофон и монтажная плата приемника, снизу — батареи питания. Приемник питается от трех, соединенных последовательно батарей 3336Л ($Б_1$), электродвигатель — от одной батареи 3336Л ($Б_2$). Сверху шасси накрывают картонным или фанерным кузовом модели. Очень важно, чтобы эле-



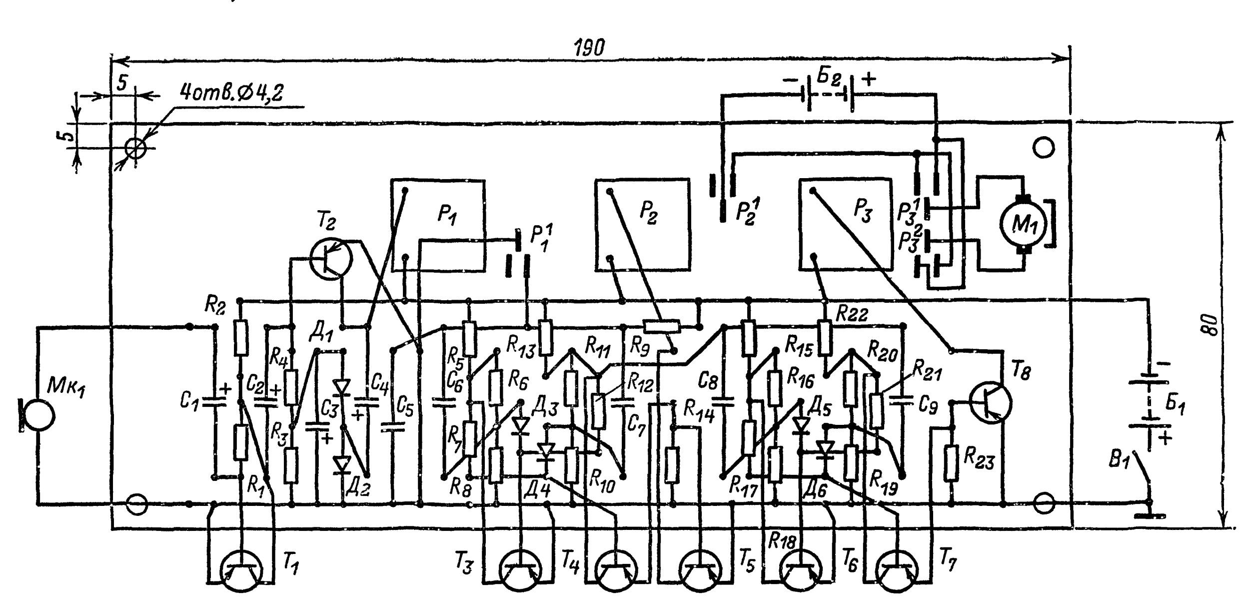


Рис. 6-18. Конструкция и монтажная плата приемника.

ктромеханическая часть модели возможно меньше шумела, иначе могут возникать ложные срабатывания аппаратуры и модель не будет точно выполнять команды.

Монтажная плата конструкции — гетинаксовая. Все резисторы приемника — типа МЛТ-0,5 (можно МЛТ-0,25, УЛМ-0,125), диоды $Д_1$—$Д_6$—$Д_9$ с любым буквенным индексом. Коэффициент передачи тока $h_{21э}$ транзисторов T_1 и T_2, работающих в усилителе НЧ, должен быть не менее 50, остальных — не менее 30. Желательно, чтобы обратные токи коллекторных переходов $I_{КБО}$ транзисторов T_4 и T_7 не превышали 5 мА. Все электромагнитные реле, использованные в приемнике, типа РМУ (паспорт РС4.523.304). Пригодны и реле других типов, надежно срабатывающие от батареи напряжением 9 В при токе не более 20—30 мА. Реле P_3 должно иметь две группы контактов, работающих на переключение.

Микрофон $Мк_1$ электромагнитный типа М1. Он укреплен на кузове не жестко, а через амортизирующую поролоновую прокладку. Амортизировать микрофон совершенно обязательно, иначе непременно будут ложные срабатывания. Роль микрофона может также выполнять низкоомный телефонный капсюль ДЭМ-4м или ТА-56м.

Предварительная проверка деталей является гарантией того, что приемник начнет работать сразу после

включения питания. Если, однако, при подаче сигнала реле P_1 не срабатывает (миллиамперметр, включенный последовательно с его обмоткой, не фиксирует резко увеличивающийся ток коллекторной цепи транзистора T_2), причиной тому может быть неправильная полярность включения диодов $Д_1$ и $Д_2$. Может случиться, что будут залипать якоря электромагнитных реле P_2 и P_3. Эта неисправность может появиться вследствие сравнительно больших обратных токов коллекторных переходов транзисторов T_4 и T_3. Устранить это явление можно заменой резисторов R_{14} и R_{23} резисторами меньших номиналов (до 220 Ом).

Чувствительность усилителя НЧ приемника определяется главным образом коэффициентом $h_{21Э}$ транзистора T_1 и режимом его работы. Поэтому на время налаживания резистор R_1 полезно заменить последовательно соединенными переменным резистором сопротивлением 47—51 Ом и постоянным резистором 15—22 кОм. Переменным резистором следует добиться наилучшей чувствительности, затем измерить их общее сопротивление и впаять в базовую цепь транзистора резистор такого же номинала.

Электронную часть описанной аппаратуры звукоуправляемой модели можно упростить, полностью исключив второй триггер с его усилителем и электромагнитным реле P_3. Но тогда модель будет выполнять только две команды: «Ход» и «Стоп».

ЭКСПОНОМЕТРЫ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

Экспонометр на транзисторах. Достаточную точность экспозиции при проекционной печати фотографий обеспечивает экспонометр, предложенный Н. Дробницей (г. Запорожье). Этот прибор позволяет избежать изготовления пробных отпечатков, снизив значительно непроизводительный расход фотоматериалов и сократив время, требуемое для получения фотоотпечатков, особенно при печати большого числа фотографий с негативов разной плотности.

Описываемый экспонометр достаточно прост по схеме (рис. 6-19) и конструкции, он обеспечивает полуавтоматическое получение любой выдержки в диапазоне от 1 до 40 с. Экспонометр имеет два режима работы: «Установка» и «Выдержка», определяемых переключателем B_1.

В первом положении переключателя B_1 экспонометр настраивается на ту или иную выдержку времени в зависимости от плотности негатива, яркости лампы увеличителя, диафрагмы объектива увеличителя и сорта фотобумаги. При включении питания лампа фотоувеличителя оказывается включенной в сеть через правые по схеме контакты переключателя B_1. В желаемом участке проекции кадра устанавливают фоторезистор R_4 и, вращая движок переменного резистора R_5, добиваются того, чтобы зажглась лампочка $Л_1$, включенная в коллекторную цепь транзистора T_2. Это служит признаком правильной установки выдержки. В зависимости от сорта и типа фотобумаги предварительно следует установить в соответствующее положение движок резистора R_2. Градуировка шкалы этого резистора производится опытным путем.

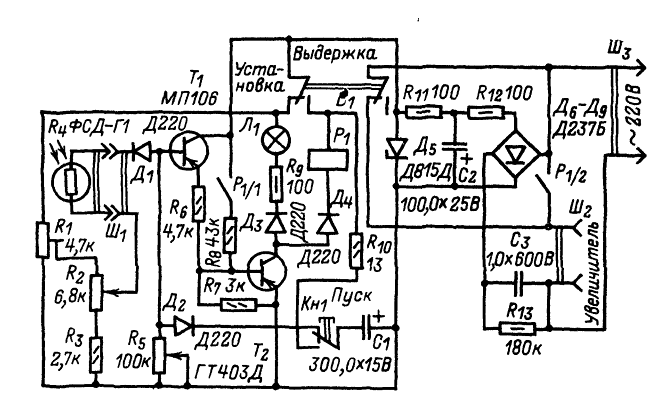


Рис. 6-19. Принципиальная схема экспонометра на транзисторах.

Лампа $Л_1$ включается при установке правильно выбранной выдержки потому, что при освещении фоторезистора транзисторы T_1 и T_2 стремятся открыться. Резисторы R_1—R_5 образуют сложный делитель напряжения в цепи базы транзистора T_1. При разных освещенностях фоторезистора транзистор T_1, а следовательно, и T_2 смогут открыться при разных положениях движка R_5. С другой стороны, резистор R_5 входит во времязадающую цепь совместно с конденсатором C_1. При разных положениях движка R_5 будет устанавливаться и разная выдержка времени при переводе переключателя B_1 в положение «Выдержка». В положении B_1 «Установка» контакты реле $P_{1/2}$ зашунтированы контактами переключателя B_1. Диод $Д_2$ предотвращает заряд конденсатора C_1 через фоторезистор, а диод $Д_4$ не позволяет зарядиться этому конденсатору при случайном нажатии кнопки $Кн_1$.

При установке переключателя B_1 в положение «Выдержка» вместо лампы $Л_1$ в коллекторную цепь транзистора T_2 включается обмотка реле P_1. Теперь достаточно нажать кнопку $Кн_1$ «Пуск», как конденсатор C_1 зарядится до напряжения, развиваемого выпрямителем на диодах $Д_6$—$Д_9$. Заряд происходит почти мгновенно, так как в зарядной цепи стоит незначительное сопротивление (резистор R_{10} сопротивлением 13 Ом). Конденсатор C_1 начинает разряжаться сразу же после отпускания кнопки $Кн_1$ через резистор R_5. Как только конденсатор C_1 начинает разряжаться, транзисторы T_1 и T_2 открываются, срабатывает реле P_1 и через контакты $P_{1/2}$ на лампу фотоувеличителя поступает напряжение питания. Лампа фотоувеличителя горит все время, пока не разрядится конденсатор C_1. Как только он разрядится до напряжения, составляющего 0,1 напряжения питания, транзисторы T_1 и T_2 закроются, реле P_1 перебросит контакты и выключится лампа фотоувеличителя. Для более четкого выключения лампы увеличителя после разряда конденсатора контакты $P_{1/1}$ разрывают цепь подачи дополнительного смещения на базу транзистора T_2. Диод $Д_3$ предназначен для того, чтобы в режиме «Выдержка» напряжение питания не поступало на резистор R_1, что может привести к увеличению времени экспозиции. Для предотвращения разряда конденсатора C_1 через освещенный фоторезистор служит диод $Д_1$.

Питается экспонометр непосредственно от сети. Конденсатор C_3 гасит избыток напряжения сети, а резистор R_{12} служит для ограничения тока через выпрямитель в момент включения, когда конденсатор C_2 не заряжен.

В экспонометре могут быть использованы транзисторы с $h_{21Э}=30\div40$. Для стабильности экспозиции при колебаниях температуры транзистор T_1 должен быть обязательно кремниевым. Реле P_1 — любого типа на напряжение 12 В и ток срабатывания 30—50 мА с контактами, допускающими коммутацию напряжения 220 В. Лампа $Л_1$ — на напряжение 9—12 В и ток 55—70 мА. Фоторезистор R_4 должен иметь линейную характеристику и герметичный корпус.

Футляр блока питания экспонометра, собранного по бестрансформаторной схеме, необходимо выполнять из изоляционного материала.

Градуируют экспонометр сначала в режиме «Выдержка» при работе его как реле времени, изменяя время выдержки экспозиции резистором R_5. Затем устанавливают чувствительность экспонометра, для чего в режиме «Выдержка» при различном времени выдержки выполняют несколько отпечатков с негатива средней

плотности на фотобумаге «Унибром» и выбирают лучший из них. После этого движок резистора R_2 устанавливают в верхнее (по схеме) положение, что будет соответствовать бумаге «Унибром», а движок резистора R_5 — на время экспозиции выбранного отпечатка. В режиме «Установка», поместив фоторезистор R_4 в проекцию кадра над местом оптимальной плотности и вращая движок резистора R_1, добиваются наименьшего накала лампы $Л_1$, что соответствует необходимой чувствительности экспонометра.

Далее градуируют резистор R_2 в зависимости от разновидности фотобумаги, учитывая, что для бумаги «Унибром» положение движка резистора соответствует верхнему (по схеме) положению. При постоянной освещенности фоторезистора R_4 поочередно устанавливают резистором R_5 выдержки, превышающие в 1,2; 1,7; 2,5; 10 раз выдержку лучшего пробного отпечатка. При каждой выдержке, перемещая движок резистора R_2 вниз (по схеме), добиваются наименьшего накала лампы $Л_1$ и отмечают на шкале резистора R_2 соответственно выдержкам разновидности бумаги: «Фотобром», «Бромпортрет», «Фотоконт», «Контабром».

При пользовании экспонометром для выполнения отпечатка необходимо в режиме «Установка» резистор R_2 установить в положение, соответствующее разновидности фотобумаги. Далее помещают фоторезистор R_4 в проекцию кадра над местом оптимальной плотности. Затем, вращая движок резистора R_5, добиваются появления слабого накала лампы $Л_1$ и переключают переключатель $В_1$ в положение «Выдержка». После этого кладут в проекцию кадра фотобумагу, нажимают и отпускают кнопку $Кн_1$.

Экспонометр на тринисторе. Автоматический отсчет времени при проекционной печати в интервале от 0,5 до 20 с можно получить с помощью экспонометра, предложенного А. Чурбаковым. Принципиальная схема этого устройства изображена на рис. 6-20. Так же как и в конструкции предыдущего экспонометра, датчиком времени служит фоторезистор R_8. В левом (по схеме) положении контактов $Р_{1/3}$ включена только лампа увеличителя для настройки кадра на резкость, выбора формата и кадрирования будущего отпечатка. В правом положении этих контактов питание может быть включено и на лампу увеличителя, и на экспонометр. Если кнопка $Кн_1$ не нажата, то напряжение сети поступает на увеличитель для настройки. При нажатии на кнопку $Кн_1$ включается лампа увеличителя и напряжение сети поступает на однополупериодный выпрямитель, собранный на диоде $Д_1$. Резистор R_1 и конденсатор C_1 образуют простейший фильтр выпрямленного напряжения. Выпрямленное напряжение поступает на обмотку реле $Р_1$, и реле срабатывает. Контактами $Р_{1/1}$ реле блокирует кнопку $Кн_1$, и лампа увеличителя при отпущенной кнопке будет продолжать гореть, а напряжение питания поступать на экспонометр.

Нормально замкнутые контакты $Р_{1/2}$ при срабатывании реле $Р_1$ разомкнутся, и конденсатор C_2 начнет заряжаться через фоторезистор R_8 до напряжения, определяемого положением движка резистора R_7. Как только напряжение на конденсаторе C_2 становится равным напряжению стабилизации, стабилитрон $Д_4$ пробивается и транзистор $Т_2$ открывается. Вслед за этим открывается и транзистор $Т_1$, который в свою очередь открывает тринистор $Д_3$. Открытый тринистор шунтирует обмотку реле $Р_1$, которое, включившись, размыкает контактом $Р_{1/1}$ цепь питания увеличителя и экспонометра. Контакты реле $Р_{1/2}$, замыкаясь, разряжают конденсатор C_2, и все устройство приходит в исходное состояние до следующего нажатия на кнопку $Кн_1$.

Резистором R_7 устанавливают выдержки в зависимости от сорта и типа фотобумаги. Однако при использовании новой партии бумаги следует сделать пробные отпечатки и несколько скорректировать положение движка резистора R_7. Это вызвано тем, что в разных партиях чувствительность фотобумаги отличается и меняется в зависимости от сроков хранения. Резистор R_7 удобно снабдить шкалой, на которой будут отмечены положения движка, соответствующие тому или иному сорту бумаги.

В процессе работы фоторезистор R_8 следует располагать в наиболее важном участке проецируемого кадра. Для этого фоторезистор должен быть соединен с остальными деталями устройства гибкими проводниками длиной 30—40 см. Можно фоторезистор закрепить на конце тонкого стержня длиной 20—30 см и перемещать его в соответствующее место будущего отпечатка.

Можно фоторезистор расположить вне поля кадра под некоторым углом к нему, пользуясь отраженным светом от проекции кадра. Иногда в разных местах устанавливают несколько фоторезисторов, включенных параллельно. Пользуются и таким способом, когда фоторезистор устанавливают в поле кадра под фотобумагой. Оба последних метода неудобны и следует отдать предпочтение временной установке фоторезистора в поле кадра для определения экспозиции.

В данной конструкции экспонометра можно использовать любой фоторезистор из серии ФСК. Реле $Р_1$ — РЭС-9, паспорт РС4.524.204.

Экспонометр на неоновой лампе. Этот прибор сконструирован радиолюбителем Ю. Остапюком. Экспонометр, схема которого приведена на рис. 6-21, в зависимости от положения переключателя $В_3$ может работать как реле времени, включающее увеличитель на определенный промежуток времени, и как полуавтомат-экспонометр, посредством которого не только задается выдержка времени, но и автоматически определяется ее продолжительность.

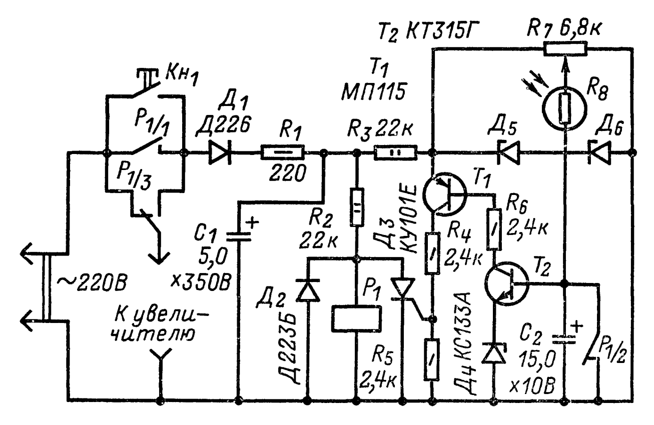


Рис. 6-20. Принципиальная схема экспонометра на тринисторе.

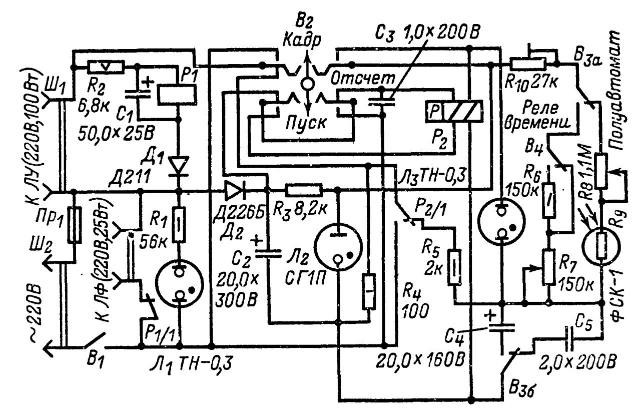


Рис. 6-21. Принципиальная схема экспонометра на неоновой лампе.

В режиме реле времени длительность выдержки можно установить вручную, изменяя сопротивление резистора R_7 и подключая дополнительно переключателем B_4 резистор R_6. Без добавочного резистора время выдержки можно изменять от 0,5 до 6 с, с добавочным резистором R_6 — от 6 до 12 с.

В режиме полуавтоматического экспонометра выдержка зависит от освещенности фоторезистора R_9, являющегося датчиком освещенности и положения движка резистора R_8. Резистор R_8 служит для установки выдержки в зависимости от сорта и типа фотобумаги. Его необходимо снабдить шкалой, которую градуируют, получая пробные отпечатки на различных сортах бумаги.

Переключатель B_2 служит для включения лампы увеличителя на длительное время. Это необходимо для того, чтобы выбрать необходимый кадр, настроить объектив увеличителя, сфокусировать проекцию кадра и определить его размеры и скадрировать будущий отпечаток. Эти операции производят в положении переключателя B_2 «Кадр».

Закончив настройку увеличителя, ручку переключателя B_2 переводят в среднее положение («Отсчет») и укладывают лист фотобумаги в рамку фотоувеличителя. Теперь достаточно на короткое время перевести переключатель B_2 в положение «Пуск» и возвратить обратно в среднее положение, как начнется отсчет времени экспозиции. Одновременно включается и лампа красного фонаря, при котором наблюдают за проявлением отпечатков.

При переводе переключателя B_2 в положение «Пуск» конденсатор C_3 разряжается через обмотку поляризованного реле P_2. Оно срабатывает и своими контактами $P_{2/1}$ включает лампу увеличителя и времязадающую цепь. Через эти же контакты поступает питание и на обмотку реле P_1, оно срабатывает и выключает лампу красного фонаря.

Конденсатор C_5 времязадающей цепи будет заряжаться через резисторы R_8—R_{10} в режиме полуавтоматического экспонометра. Как только напряжение на C_5 достигнет 150 В, зажигается лампа $Л_3$, конденсатор C_5 начинает разряжаться через эту лампу и другую обмотку поляризованного реле P_2. Реле срабатывает и возвращает все устройство в исходное положение. Лампа увеличителя выключается, так как переключаются контакты $P_{2/1}$ в положение, указанное на схеме. Обесточивается обмотка реле P_1, и его контакты, возвращаясь в исходное положение, замыкают цепь питания лампы красного фонаря. Не поступает питание и на времязадающую цепь.

Лампа $Л_1$ является индикатором включения напряжения питания. Диод $Д_2$ — выпрямитель напряжения питания, резистор R_3 совместно со стабилитроном $Л_2$ образуют простейший стабилизатор выпрямленного напряжения. Конденсатор C_2 — фильтр напряжения питания. Резистор R_{10} служит для корректировки шкал резисторов R_7 и R_8, необходимых при замене лампы $Л_3$.

В экспонометре применены реле P_1 — РСМ-2 (паспорт РФ4.500.025), P_2 — РП4 (паспорт РС4.520.010П1). Конденсатор C_1 типа К50-6, C_2 и C_5 — К50-3, C_3 и C_4 — МБГО. Переключателем B_2 служит телефонный ключ на три положения, одно из которых не фиксируется.

В правильно собранном экспонометре требуется лишь отрегулировать контакты реле P_2 на отсутствие преобладания.

ЭКСПОНОМЕТР ДЛЯ ФОТОСЪЕМКИ

Правильное определение экспозиции при съемке — одно из необходимых условий получения хороших фотографий. Принимая во внимание экспозиционную широту современных светочувствительных материалов, используемых в фотографии, точность в определении времени выдержки при съемке не должна быть очень высокой, особенно в черно-белой фотографии. Некоторые экспонометры представляют собой самостоятельную конструкцию, другие встраивают в фотоаппарат.

Описываемый здесь встроенный экспонометр, разработанный. В. Верютиным, предназначен для установки в один из самых распространенных отечественных фотоаппаратов «Зенит-5». В этом аппарате есть встроенный экспонометр, однако ему присущ ряд недостатков. Селеновый фотоэлемент, расположенный на корпусе фотоаппарата, имеет нерегулируемый угол восприятия, что

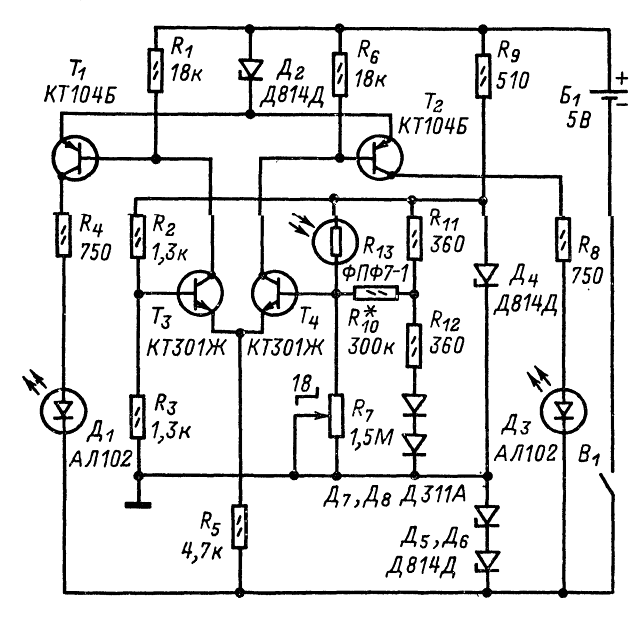


Рис. 6-22. Принципиальная схема экспонометра для фотосъемки.

затрудняет работу с экспонометром при пользовании объективами с различными фокусными расстояниями. Диапазон яркостей объекта съемки, в котором можно пользоваться экспонометром, невелик: отношение максимальной яркости к минимальной равно 1000. Причем минимальная яркость объекта, на которую уверенно реагирует экспонометр, составляет примерно 12 кд/м², что недостаточно.

С целью устранения этих недостатков был разработан новый экспонометр. Его особенностью является то, что датчик расположен за объективом, т. е. при определении экспозиции автоматически учитываются параметры объективов и светофильтров.

Новым экспонометром можно пользоваться, начиная с яркости в 0,2 кд/м² объекта съемки. Отношение максимальной яркости к минимальной равно 50 000. Кроме того, экспонометр содержит устройство, позволяющее учитывать чувствительность экспонируемой пленки четырех градаций: 32, 65, 130 и 250 ед. ГОСТ. Точность работы экспонометра ±0,5 экспозиционной ступени во всем диапазоне яркостей снимаемого объекта.

Принципиальная схема фотоэкспонометра для съемки приведена на рис. 6-22. Датчик освещенности — фоторезистор R_{13} включен в одно из плеч моста, образованного резисторами R_2, R_3, R_7 и R_{13}. Сигнал, снимаемый с диагонали моста, усиливается балансным усилителем постоянного тока (УПТ) на транзисторах T_1—T_4. Нагрузками плеч усилителя являются светодиоды $Д_1$, $Д_3$.

Фоторезистор в указанном диапазоне яркости снимаемого объекта меняет свое сопротивление от 50 Ом до 1,5 МОм. Это вызывает значительные изменения тока в диагонали моста. Когда фоторезистор имеет минимальное сопротивление (50 Ом), сигнал, образующийся

в диагонали моста, достаточен для работы УПТ. При этом необходимо, чтобы мощность, рассеиваемая на фоторезисторе, не превышала допускаемой (5 МВт). Следовательно, на фоторезистор нельзя подавать напряжение более 1 В.

При максимальном сопротивлении фоторезистора необходимо, чтобы ток через него был в несколько раз больше входного тока усилителя, при котором начинают переключаться светодиоды. При максимальном сопро-

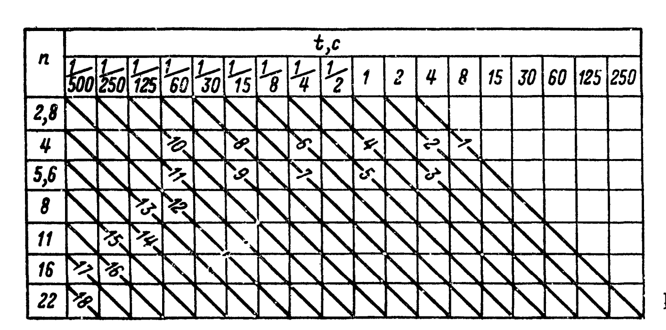


Рис. 6-23. Номограмма работы экспонометра

тивлении фоторезистора (1,5 МОм) и выбранном напряжении питания около 0,75 В ток через фоторезистор, подаваемый на диагональ моста, составляет 0,25 мкА. Следовательно, входной ток усилителя должен быть равен 0,05 мкА. При использовании типов транзисторов и номиналов деталей, указанных на схеме, эти требования удовлетворяются полностью.

Резисторы R_{10}—R_{12} и диоды $Д_7$, $Д_8$ служат для подачи напряжения смещения на транзистор T_4 и для термостабилизации УПТ. Стабилитроны $Д_4$—$Д_6$ включены для стабилизации напряжения питания измерительного моста и УПТ. Ось переменного резистора R_7 связана с механизмом установки выдержек и диафрагм. Этот резистор должен иметь логарифмическую зависимость сопротивления от угла поворота, причем минимальное сопротивление должно составлять 50 Ом, а максимальное — 1,5 МОм. Выполнять такой переменный резистор с плавным изменением сопротивления и достаточной точностью очень трудно. Более приемлемым оказалось выполнить резистор с дискретным изменением сопротивления на 18 положений соответственно для 18 экспозиционных чисел ЭУ. На рис. 6-23 приведена номограмма работы экспонометра фотоаппарата «Зенит-5», на которой наклонные линии соответствуют экспозиционным числам от 1 до 18. По этим линиям можно найти различные возможные сочетания диафрагмы n и выдержки t для получения одинаковой экспозиции на пленке.

Для расчета переменного резистора необходимо иметь люкс-омическую характеристику фоторезистора в логарифмическом масштабе, причем можно считать, что освещенность фоторезистора равна освещенности пленки. Такое допущение не приведет к большой ошибке, так как коэффициент пропускания коллективной линзы близок к 1. При расчете следует учитывать, что фотоаппарат «Зенит-5» имеет «прыгающую» диафрагму и при установке экспозиции диафрагма всегда полностью открыта. Поэтому найдем сначала минимальную освещенность фоторезистора $E_{мин}$ при максимально открытой диафрагме $n=2{,}8$ и максимальной чувствительности пленки $S_{макс}=250$ ед. ГОСТ по известной формуле

$$E_{мин} = \frac{10}{S_{макс}\, t_{макс}} = \frac{10}{250 \cdot 4} = 0{,}01 \text{ лк},$$

где $t_{макс}=4$ с найдена по номограмме, приведенной на рис. 6-23 при $n=2{,}8$.

Ряд освещенностей фоторезистора в зависимости от выдержки и с учетом чувствительности пленки S можно найти, используя номограмму, изображенную на рис. 6-24. Освещенности находят умножением предыдущей освещенности на 2. Наклонные линии показывают, какие сочетания S и t приводят к одинаковой освещенности

Датчиком освещенности служит фоторезистор 5, находящийся между коллективной линзой и пентаприз-

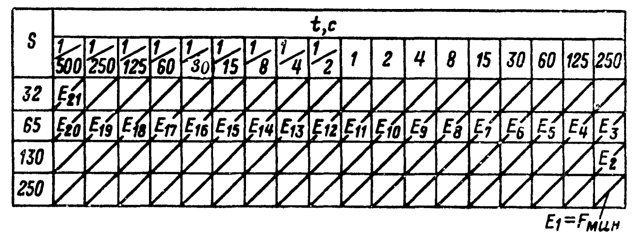


Рис. 6-24. Номограмма для определения освещенности.

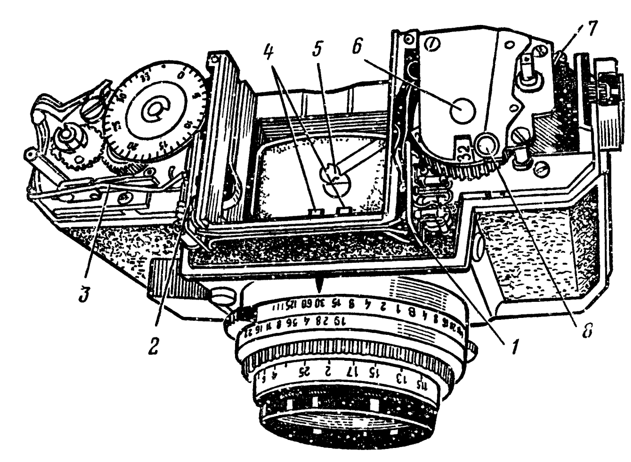


Рис. 6-25. Размещение экспонометра на фотоаппарате.

мой (рис. 6-25). Специальным рычагом, ручка 7 которого выведена из корпуса фотоаппарата, фоторезистор можно убрать из поля кадра на время съемки.

Правильность установки выдержки и диафрагмы определяется по двум светодиодам 4, расположенным в поле видоискателя. В тот момент, когда один из них гаснет, а другой загорается, экспозиционные параметры (выдержка и диафрагма) установлены правильно.

Настройка осуществляется переменным резистором R_7, его место в фотоаппарате помечено позицией 6. Стопорное устройство 8 фиксирует положение движка переменного резистора 6, выполненного в виде крышки. В связи с недостатком места в корпусе фотоаппарата монтаж разделен на две печатные платы 1 и 2, находящиеся по обе стороны от шахты видоискателя. Провод 3 соединяет источник питания с платами фотоэкспонометра.

Выполнить экспонометр на весь диапазон освещенностей очень трудно. Во-первых, фоторезистор уверенно работает, начиная с освещенности около 0,03 лк, т. е. освещенности $E1$ и $E2$ нельзя использовать. Во-вторых, для перекрытия даже 18 экспозиционных ступеней шестерня, на которой установлен переменный резистор, поворачивается почти на 360°. Поэтому для расчета переменного резистора можно пользоваться лишь рядом освещенностей с Е3 по Е20. В данной конструкции

экспонометра информацию о чувствительности пленки вводят небольшим поворотом скользящего контакта переменного резистора, так что весь указанный ряд освещенностей перекрывается при чувствительности пленки 56 ед. ГОСТ. При других чувствительностях диапазон экспозиций будет ограничен на краях с той или иной стороны.

Далее по люкс-омической характеристике фоторезистора, примерный вид которой показан на рис. 6-26,

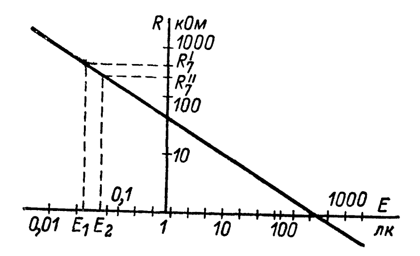


Рис. 6-26. Люкс-омическая характеристика фоторезистора.

находят ряд сопротивлений фоторезистора, соответствующий найденным значениям освещенностей. Так как сопротивления резисторов R_2 и R_3 измерительного моста равны между собой, то дискретные сопротивления переменного резистора R_7 должны соответствовать найденным значениям ряда сопротивлений фоторезистора. Конструкция переменного резистора R_7 показана на

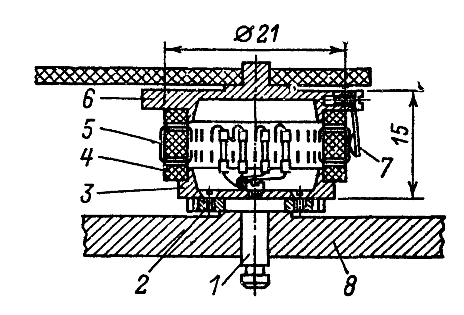


Рис. 6-27. Конструкция переменного резистора.

рис. 6-27. К промежуточной шестерне *1*, связывающей ручку установки диафрагмы с дифференциальным механизмом установки выдержки и диафрагмы, двумя винтами *2* привинчено основание *3*. На него плотно посажено или приклеено текстолитовое кольцо *4*, в котором расположено *18* (или 35) контактных скоб *5*, изготовленных из луженого провода (можно использовать выводы резисторов МЛТ-0,125). К скобам припаяны соответствующие рассчитанному ряду сопротивлений резисторы. Вторые выводы резисторов соединены с основанием *3*, которое через шестерню *1* имеет контакт с корпусом фотоаппарата *8*. Кольцо *4* свободно вращается в крышке *6*. К ней привинчен скользящий контакт *7*, который является вторым выводом переменного резистора.

Чувствительность пленки вводят поворотом крышки переменного резистора. Изменению чувствительности пленки в два раза соответствует поворот крышки со скользящим контактом на одно деление в случае переменного резистора на 18 положений или на два деления — при 35 положениях. Крышка *6* (рис. 6-27) имеет стопорное устройство *8* (см. рис. 6-25), которое не позволяет ей поворачиваться при вращении кольца *4*.

При сборке резистора шестерню устанавливают так, чтобы при выдержке 4 с и диафрагме 2,8 скользящий контакт находился на скобе кольца, к которой припаян резистор с максимальным сопротивлением, а при минимальной выдержке 1/500 и диафрагме 22 — на скобе, к которой припаян резистор с наименьшим сопротивлением.

Монтаж экспонометра выполнен на двух печатных платах *1* и *2* (см. рис. 6-25), которые размещены внут-

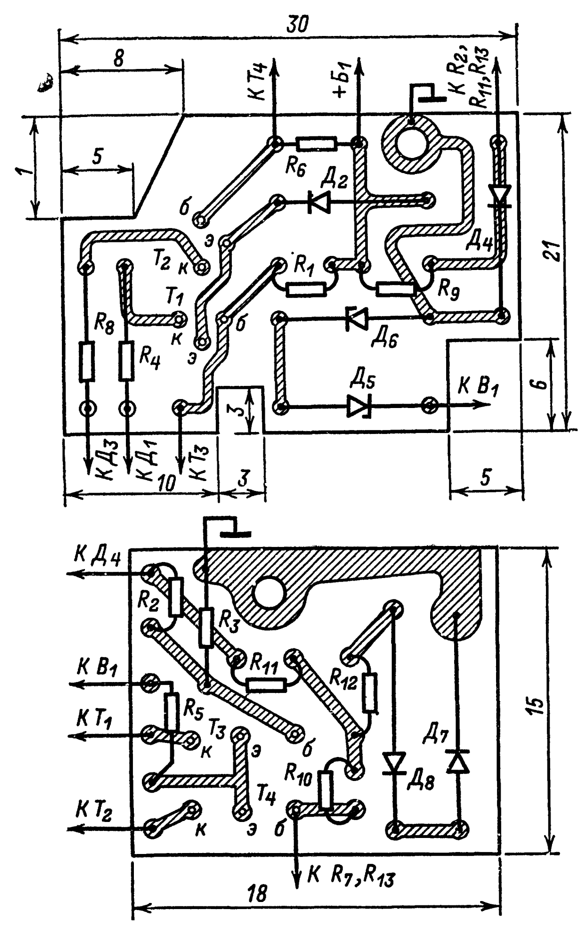


Рис. 6-28. Печатные платы.

ри корпуса фотоаппарата по обе стороны от пентапризмы. Печатные платы и схемы соединений показаны на рис. 6-28. В устройстве желательно использовать малогабаритные детали. Некоторые из них, например фоторезистор, дорабатывают, извлекая из корпуса площадку диаметром 5 и толщиной 1 мм, со светочувствительным слоем. К этой площадке легкоплавким припоем с температурой плавления не более 100°С припаивают два медных провода диаметром 0,3 мм. Два других конца этих проводников приклеивают эпоксидной смолой к текстолитовой втулке, установленной на рычаге, поворачивающей фоторезистор в поле видоискателя. К концам этих проводов, приклеенных ко втулке, припаивают гибкие проводники для соединения фоторезистора с печатной платой всего устройства. Полезно для герметизации фоторезистора фоточувствительную пластинку покрыть прозрачным лаком или тонким слоем прозрачной эпоксидной смолы. Питается экспонометр от батареи из четырех аккумуляторов Д-0,25, имеющейся в фотоаппарате.

Налаживание экспонометра сводится к подбору резистора R_{10} при отключенных резисторах R_7 и R_{13} до появления одинакового свечения диодов $Д_1$ и $Д_3$.

ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ

В современной фотографии для освещения объектов съемки широко используют импульсные лампы типа ИФК в сочетании с устройством поджига — так называемые лампы-вспышки. Синхронность вспышки и открывания затвора достигают с помощью несложного электронного устройства, включаемого синхроконтактом фотоаппарата. Существуют лампы-вспышки с питанием от сети, от батарей, а также лампы-вспышки с универсальным питанием. Сетевые лампы-вспышки могут использоваться без накопительного конденсатора — наиболее дорогой и дефицитной детали.

Имеется немало любительских разработок электронных блоков ламп-вспышек. Здесь приводится описание некоторых из них, предложенных радиолюбителями О. Доничевым, В. Ковалевым, Б. Свойским, В. Четвериком и И. Шабельниковым.

Схема одной из конструкций лампы-вспышки с питанием от сети показана на рис. 6-29. В этой лампе отсутствует накопительный конденсатор и достаточно удачно решен вопрос синхронизации момента вспышки с мгновенным значением напряжения в сети.

Дело в том, что при питании ламп-вспышек непосредственно от сети замыкание синхроконтакта может произойти в самое различное время по отношению к периоду сетевого напряжения. Если синхроконтакт будет замкнут в момент перехода сетевого напряжения через нулевое значение или в области, близкой к этому, вспышка не произойдет вовсе, так как напряжение, поданное на электроды лампы, окажется недостаточным для поддержания разряда в импульсной лампе. При сетевом напряжении, близком к минимуму, вспышка произойдет, но энергия ее будет мала и негатив окажется недоэкспонированным. Непостоянство энергии вспышки является большим недостатком таких приборов.

Предложено несколько вариантов схем автоматизированных ламп-вспышек, в которых этот недостаток отсутствует. Весьма простой электронный блок на двух тиратронах МТХ-90 и одной неоновой лампе представлен на рис. 6-29. Вместо неоновой лампы можно использовать еще один тиратрон. Обязательным условием является то, что напряжение зажигания лампы должно быть в пределах от 60 до 90 В.

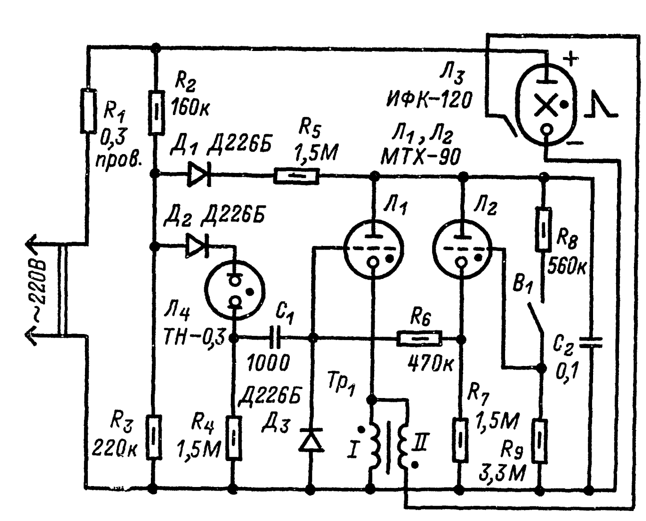


Рис. 6-29. Принципиальная схема лампы-вспышки с питанием от сети.

Работает лампа-вспышка следующим образом Положительная полуволна сетевого напряжения поступает с делителя R_2, R_3 на вход устройства синхронизации, собранного на неоновой лампе $Л_4$ и дифференцирующей цепочке C_1, $Д_3$. В момент зажигания неоновой лампы $Л_4$ возникает положительный импульс, который подается на сетку тиратрона $Л_1$. Амплитуда этого импульса недостаточна для зажигания тиратрона.

При нажатии на спусковое устройство затвора фотоаппарата замыкается синхроконтакт $В_1$, положительное напряжение через диод $Д_1$ и резисторы R_5, R_8 поступает на управляющую сетку тиратрона $Л_2$ и он зажигается. После размыкания синхроконтакта тиратрон продолжает гореть благодаря тому, что на конденсаторе C_2 будет поддерживаться выпрямленное напряжение, близкое к сетевому. Положительный перепад напряжения с резистора R_7 подается через резистор R_6 на сетку тиратрона $Л_1$. Однако одного этого напряжения также недостаточно для поджига тиратрона $Л_1$. Во время следующего полупериода оба положительных напряжения подаются на сетку тиратрона $Л_1$ и он зажигается.

Импульс тока, проходящий во время зажигания тиратрона по первичной обмотке трансформатора $Тр_1$, на вторичной обмотке вызывает появление высоковольтного импульса. Этот импульс поступает на поджигающий электрод лампы $Л_3$ и создает условия для ее поджига. Импульс получают достаточной длительности за счет разряда конденсатора C_2 через открытый тиратрон $Л_1$.

Таким образом, независимо от момента замыкания синхроконтакта вспышка произойдет тогда, когда амплитуда сетевого напряжения достигнет 50—60% максимальной. Это означает, что энергия вспышки будет достаточно постоянной и вспышка обязательно произойдет.

Трансформатор $Тр_1$ имеет магнитопровод из феррита 600НН или 400НН цилиндрической ($l=20$, $\varnothing=8$) или кольцевой формы (К16×8×5). Обмотка *I* имеет 3—5 витков провода ПЭВ-1 0,51. Обмотка *II* состоит из 500—600 витков провода ПЭЛШО 0,06—0,08. Можно использовать готовый импульсный трансформатор от любой лампы-вспышки.

Резистор R_1 самодельный, проволочный. Для его изготовления на корпусе резистора ВС-0,5 наматывают 15—20 витков нихромового провода диаметром 0,5 мм. Можно воспользоваться кусочком спирали от электрической плитки. Остальные детали (резисторы, конденсаторы) можно использовать любые, подходящие по номиналу и выдерживающие соответствующие рабочие напряжения.

Налаживание лампы-вспышки сводится к тому, чтобы подобрать напряжение, при котором уверенно поджигается тиратрон $Л_1$. Если в этом тиратроне разряд начинается только при поступлении положительного импульса с устройства синхронизации, то следует уменьшить этот импульс, подключив конденсатор C_1 к делителю, устанавливаемому вместо R_4. Если поджиг тиратрона происходит при замыкании синхроконтакта без добавления импульса с устройства синхронизации, резистор R_7 выполняют из двух резисторов, подключая R_6 к средней точке этого делителя. Сопротивление резисторов делителя подбирают опытным путем.

Чтобы проверить, не поджигается ли тиратрон $Л_1$ под воздействием только одного из вышеупомянутых напряжений, следует отключить резистор R_6 от сетки тиратрона и подать питание на все устройство. Затем подсоединить резистор R_6 и отсоединить конденсатор C_1 и диод $Д_3$ от сетки, включить питание и замкнуть синхроконтакт $В_1$. Ни в первом, ни во втором случае вспышки не должно быть. При восстановленной схеме лампа $Л_3$ должна давать нормальную вспышку.

Питать лампу-вспышку от сети не всегда удобно, поэтому широкое распространение получили вспышки с питанием от сухих батарей или аккумуляторов, а также лампы-вспышки с универсальным питанием.

Принципиальная схема одного из вариантов лампы-вспышки с универсальным питанием приведена на рис 6-30. В этой лампе-вспышке также предусмотрено сохранение постоянства энергии вспышки независимо от колебаний напряжения первичного источника питания (сеть 127/220 В; батарея «Молния» — 330-ЭВМЦГ-1000; батареи 3336Л 2 шт.).

Лампа-вспышка состоит из блока автоматики, преобразователя напряжения и осветителя. Преобразователь напряжения выполнен в виде двухтактного автогенератора на транзисторах T_1 и T_2 с трансформаторной обратной связью. На базы транзисторов T_1 и T_2 поступает небольшое открывающее напряжение с делителя R_7R_8. В положении «Батар.» переключателя B_1 высокое напряжение прямоугольной формы снимается с обмотки *III* трансформатора Tp_1, выпрямляется выпрямителем, собранным на диодах $Д_1 — Д_4$, и заряжает конденсатор C_2.

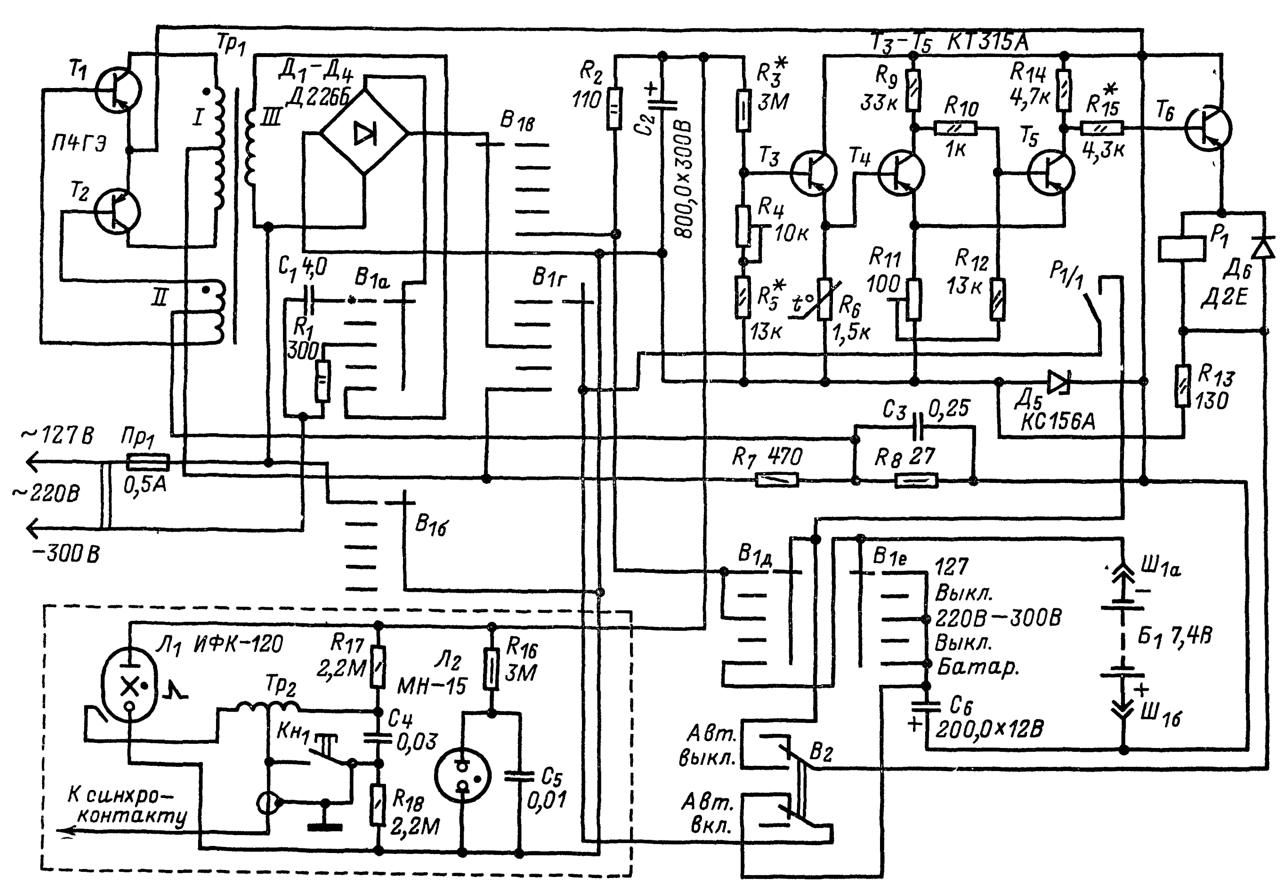


Рис. 6-30. Принципиальная схема лампы-вспышки с универсальным питанием

Основой блока автоматики служит триггер Шмитта, собранный на транзисторах T_4 и T_5, который через делитель $R_3 — R_5$ и эмиттерный повторитель на транзисторе T_3 подключен к стабилизирующему конденсатору C_2. В момент включения лампы-вспышки напряжение на конденсаторе C_2 мало. Транзистор T_3 находится в закрытом состоянии, напряжение на его эмиттере, а следовательно, и на базе транзистора T_4 равно нулю. В этом случае транзистор T_4 триггера закрыт, а транзистор T_5 открыт Транзистор T_6 также открыт, и через обмотку реле P_1 протекает его коллекторный ток. Контакты $P_{1/1}$ реле замыкаются и обеспечивают заряд конденсатора C_2.

Когда напряжение на конденсаторе C_2 достигнет заданной величины, изменится состояние триггера: транзистор T_4 откроется, а T_5 закроется Это вызовет закрывание транзистора T_6 и размыкание контактов $P_{1/1}$ реле P_1. Заряд конденсатора C_2 прекратится. Момент выключения, соответствующий заданному верхнему порогу напряжения на конденсаторе C_2, устанавливают резистором R_4.

Если вспышки нет, то происходит постепенный саморазряд конденсатора C_2. Если напряжение на конденсаторе C_2 уменьшается до какого-то нижнего порога, триггер вновь изменит свое состояние и произойдет подзаряд конденсатора. Нижний порог срабатывания блока автоматики устанавливают резистором R_{11}.

Контакты $P_{1/1}$ реле P_1 переключателями $B_{1в} — B_{1д}$ включаются либо в цепь питания преобразователя напряжения (при работе лампы от батареи $Б_1$), либо в цепь заряда конденсатора C_2 (при работе от внешнего источника).

При питании лампы-вспышки от сети 220 В конденсатор C_2 заряжается через выпрямитель на диодах $Д_1—Д_4$. В случае питания лампы-вспышки от сети 127 В выпрямитель по схеме моста преобразуется переключателями $B_{1а}$, $B_{1б}$ в выпрямитель по схеме удвоения напряжения, в котором в один из полупериодов конденсатор C_1 заряжается до амплитудного значения напряжения сети, а в следующий полупериод напряжение конденсатора, суммируясь с напряжением сети, заряжает конденсатор C_2.

Для питания вспышки от высоковольтного источника постоянного тока переключатель B_1 устанавливают в положение «220—300 В», а источник подключают к устройству в любой полярности.

Возможно отключение блока автоматики тумблером B_1 при сильном разряде батареи $Б_1$, когда напряжение

на конденсаторе C_2 уже не может достигнуть своего верхнего порогового значения. Блок автоматики отключают также, когда необходимо получить максимальную энергию вспышки.

В лампе-вспышке применен с небольшими изменениями осветитель от вспышки «Луч-61»: сопротивление резистора R_{16} увеличено до 3 МОм и введен конденсатор C_5. Резистор R_{16}, конденсатор C_5 и сигнальная лампа $Л_2$ образуют релаксационный генератор, частота ге-

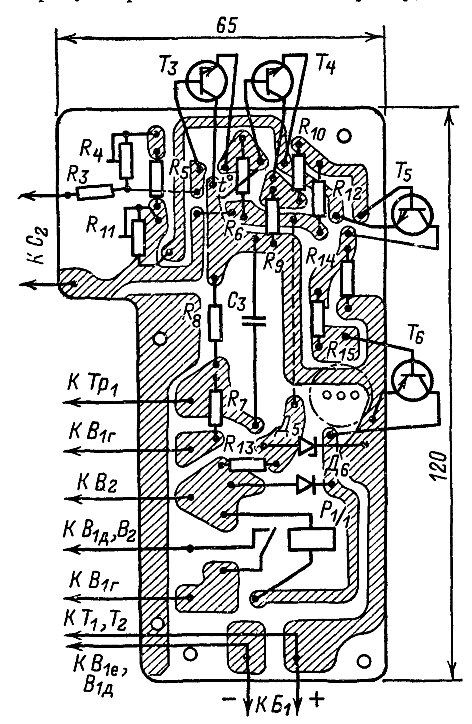


Рис. 6-31. Печатная плата блока автоматики.

нерируемых колебаний которого увеличивается с ростом напряжения на конденсаторе C_2. При заряде конденсатора C_2 до 250—300 В частота мигания лампы $Л_2$ столь высока, что свечение ее воспринимается как непрерывное.

Печатная плата блока автоматики со схемой соединения деталей на ней изображена на рис. 6-31.

Трансформатор лампы-вспышки Tp_1 намотан на сердечнике из феррита 2000НМ типоразмера Ш12×15. Обмотка I содержит 22+22 витка провода ПЭВ-2 0,69, обмотка II — 10+10 витков провода ПЭВ-2 0,35, а обмотка III — 1050 витков провода ПЭВ-2 0,2. Для уменьшения индуктивности рассеяния обе половины обмоток I и II следует наматывать одновременно, используя два провода.

Переключатель B_1 — типа 5П6НПМ. Тумблер B_2 — МТ3, но может быть и ТП1-1. Конденсатор C_1 — МБГО, а C_3 МБМ. Резистор R_5 — ММТ-1. При самостоятельном изготовлении осветителя трансформатор Tp_2 наматывают на сердечнике из феррита 1000НМ типоразмера К12×5×5,5. Часть обмотки, подключенная через кнопку $Кн_1$ к конденсатору C_4, имеет 2 витка провода ПЭВ-1 0,25, остальная часть обмотки содержит 100 витков провода ПЭВ-1 0,1. Реле P_1 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.308 или РС4.524.303).

Транзисторы T_1 и T_2 (П4 с индексами Б, В, Г, Д) должны иметь одинаковые $h_{21Э}$. Транзисторы T_3 — T_5 могут быть КТ315 или КТ301 с любым буквенным индексом. Транзистор T_3 должен иметь: $h_{21Э}$ больше 50, а транзисторы T_4, T_5 — больше 20. Транзистор T_6 любой маломощный с $h_{21Э} > 20$.

В начале налаживания тумблер B_2 устанавливают в положение «Авт. выкл.», а переключатель B_1 в положение «Батар.». Если обмотки I и II трансформатора Tp_1 включены правильно, то преобразователь напряжения сразу начнет работать. Напряжение на конденсаторе C_2 при этом увеличится до 300 В.

Число вспышек от одного комплекта батарей 3336Л — не менее 60 (энергия вспышки 36 Дж). Время заряда конденсатора стабилизирующего энергию вспышки от новых батарей, — менее 15 с, от сети 127 В — менее 10 с, от сети 220 В — менее 5 с. Ток, потребляемый блоком автоматики во время заряда стабилизирующего конденсатора, составляет 40—50 мА, ток в паузах — 5—15 мА. Если заряд конденсатора осуществляется от внешнего источника, то для питания блока автоматики используется батарея «Крона» или аккумулятор 7Д-0,1.

Налаживание лампы-вспышки начинают с проверки напряжения питания. Переключатель B_1 устанавливают в положение 127 или 220 В и измеряют напряжение на выходе выпрямителя $Д_1$ — $Д_4$ (тумблер B_2 находится в положении «Авт. выкл.»). Затем переключатель B_1 переводят в положение, предназначенное для низковольтного батарейного питания, и также измеряют напряжение на выходе выпрямителя. В обоих случаях оно должно быть около 300 В. После этого тумблер B_2 переводят в положение «Авт. вкл.». Не подключая лампу-вспышку к внешнему источнику питания, измеряют напряжение на коллекторах транзисторов T_4 и T_5 относительно минусового вывода конденсатора C_2. При открытом транзисторе T_5 напряжение на его коллекторе должно быть 0,5±0,1 В. Напряжение на коллекторе закрытого транзистора T_4 — около 2 В. Подбирая резистор R_{15}, добиваются срабатывания реле P_1. Движок подстроечного резистора R_4 устанавливают в такое положение, при котором триггер Шмитта (транзисторы T_4, T_5) изменит состояние, а реле P_1 обесточится и разомкнет контакты. Это должно быть проделано при полностью заряженном конденсаторе C_2 до напряжения 300 В.

При напряжении 280 В на конденсаторе C_2 вращением движка резистора R_{11} добиваются срабатывания реле P_1 с тем, чтобы его контакты вновь замкнулись. Эту операцию следует проделать несколько раз для того, чтобы более точно установить пределы верхнего и нижнего порогов напряжения на конденсаторе C_2. Изменения порога срабатывания блока автоматики добиваются подбором резисторов делителя R_3 и R_5.

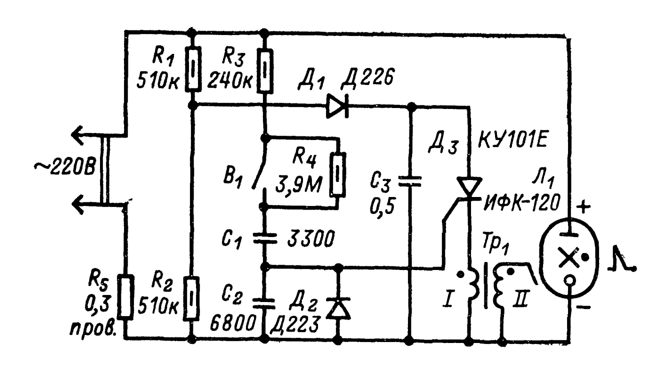


Рис. 6-32. Принципиальная схема лампы-вспышки с использованием тиристора (первый вариант).

Использование тиратронов в сетевых лампах-вспышках приводит к тому, что вспышка импульсной лампы происходит с некоторой задержкой, приводящей иногда к получению неверной экспозиции негатива. Если вместо

тиратрона применить тиристор, то этот недостаток устраняется.

Принципиальная схема усовершенствованной лампы-вспышки с использованием тиристора представлена на рис. 6-32. Детали лампы-вспышки располагают на печатной плате (рис. 6-33). Здесь же показана и схема соединения деталей.

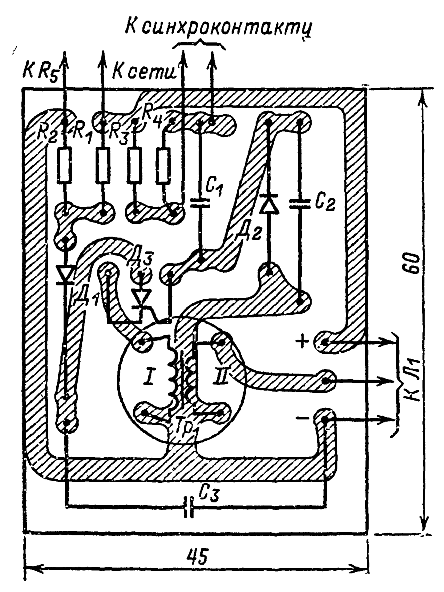


Рис. 6-33. Печатная плата.

Все резисторы МЛТ 0,5, конденсаторы МБМ. Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из феррита 2000НМ (К17,5×8,2×5). Обмотка I содержит 3, а обмотка II — 300 витков провода ПЭЛШО 0,18. Резистор R_3 — это условно показанные сопротивления подводящих проводов (провод МГШВ сечением 0,2 мм² и длиной 5 м).

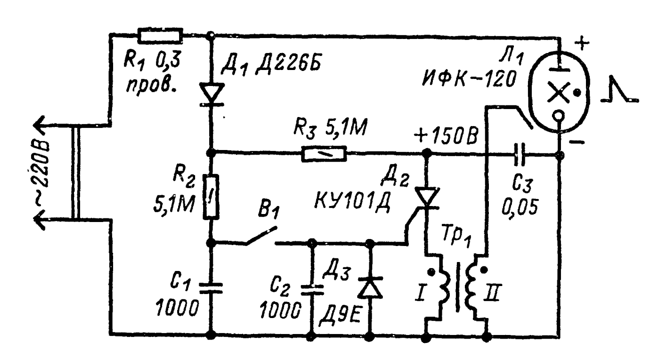


Рис. 6-34. Принципиальная схема лампы-вспышки с использованием тиристора (второй вариант).

Вместо тиристора КУ101Е с успехом можно применить КУ101И и КУ101Б.

Принципиальная схема другого варианта лампы-вспышки на тиристорах без накопительного конденсатора с питанием от сети приведена на рис. 6-34. Сетевое напряжение, выпрямленное диодом $Д_1$, через резисторы R_2 и R_3 заряжает конденсаторы C_1 и C_3. Тиристор $Д_2$ закрыт, так как на его управляющем электроде отсутствует напряжение. Как только синхроконтакты B_1 замкнутся, на управляющий электрод тиристора поступит положительное напряжение. Тиристор открывается, и конденсатор C_3 разряжается через тиристор и первичную обмотку импульсного трансформатора $Тр_1$.

Если в этот момент на электродах лампы положительное напряжение больше 160 В, то происходит вспышка. Вспышка не произойдет, если напряжение на электродах лампы близко к нулю или отрицательно. Вероятность вспышки лампы в момент замыкания синхроконтактов можно увеличить в два раза, если параллельно лампе $Л_1$ подключить вторую лампу в обратной полярности. Тогда в момент замыкания синхроконтакта вспыхнет та лампа, на электродах которой будет необходимое напряжение.

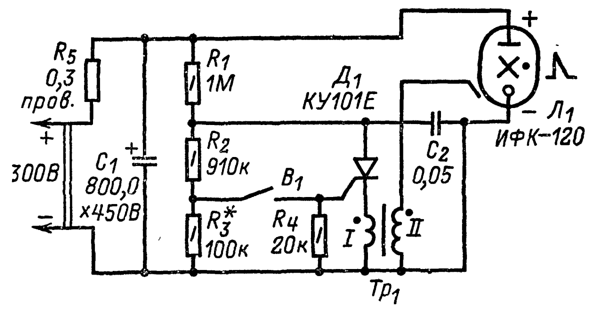


Рис. 6-35. Принципиальная схема батарейной лампы-вспышки с использованием тиристора.

В заключение приводим описание простой батарейной лампы-вспышки, в которой с помощью тиристора разгружены синхроконтакты. Кроме того, подача небольшого напряжения через синхроконтакт на управляющий электрод тиристора создает безопасные условия эксплуатации вспышки. На рис. 6-35 изображена принципиальная схема такой вспышки. Батарея или выпрямитель, подключенные на вход, обеспечивают заряд накопительного конденсатора C_1. Через делитель R_1 — R_3 заряжается конденсатор C_2. Так как на управляющем электроде тиристора $Д_1$ напряжение отсутствует, то он закрыт.

При замыкании синхроконтактов B_1 на управляющий электрод тиристора подается положительное напряжение с резистора R_3. Тиристор открывается, и через него и первичную обмотку импульсного трансформатора $Тр_1$ происходит разряд конденсатора C_2. Возникающий при этом во вторичной обмотке трансформатора высоковольтный импульс напряжения поджигает импульсную лампу $Л_1$, и происходит вспышка. Для надежного открывания тиристора напряжение на резисторе R_1 должно быть не менее +10 В.

Синхронную работу нескольких ламп-вспышек можно получить, если одну из них собрать по приведенным схемам, а во второй установить фоторезистор вместо резистора R_2. В этом случае следует подобрать резистор R_3 так, чтобы напряжение, подаваемое на управляющий электрод тиристора, не открывало его при отсутствии вспышки основной лампы, а при ее вспышке сопротивление фоторезистора менялось бы так, чтобы напряжение, поступающее с него, было достаточно для открывания тиристора. Синхроконтакт и резистор R_4 во второй лампе при этом не нужны.

Резистор сопротивлением 0,3 Ом, стоящий в цепи питания, — это кусок нихромового провода диаметром 0,5, длиной 150 мм, свернутого в спираль. Остальные резисторы — МЛТ-0,25. Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из феррита 2000НМ (К10×6×3). Обмотка I содержит 5 витков провода ПЭЛШО 0,31; II — 600 витков провода ПЭЛШО 0,1. После изготовления трансформатор пропитывают парафином.

Автономное низковольтное питание ламп-вспышек получило достаточно широкое распространение. Объясняется это доступностью низковольтных источников (ба-

тареи 336, элементы 373 и др.), а также дефицитностью и относительно высокой стоимостью батарей «Молния». При питании вспышки от низковольтных источников требуется преобразователь низкого напряжения в высокое, примерно 300 В. Преобразователь остается включенным на все время съемки, и это увеличивает бесполезное потребление электроэнергии. Емкость низковольтных источников обычно невелика, поэтому в различных схемах ламп-вспышек предусматривают меры к снижению потребления энергии в перерывах между вспышками импульсной лампы. Обычно эти меры сводятся к срыву генерации преобразователя. Однако транзисторы преобразователя остаются подключенными к источнику питания. В то время, когда генератор преобразователя не работает, транзисторы закрыты, но начальный ток через них проходит. Обычно в преобразователях используют достаточно мощные транзисторы, у которых начальный ток доходит до нескольких десятков миллиампер. Это приводит к неоправданному расходу электроэнергии в перерывах между вспышками, достигающими иногда 30 мин и более.

Указанный недостаток можно устранить, собрав преобразователь по схеме, приведенной на рис. 6-36. Особенностью его является то, что при заданном уровне выходного напряжения посредством реле P_1 происходит отключение преобразователя от источника питания.

При установке переключателя B_1 в положение «Вкл.» на каскад, собранный на составном транзисторе T_3, T_4, подается напряжение питания и оба транзистора открываются. Через обмотку реле P_1 потечет ток, реле сработает и через контакты $P_{1/1}$ подаст напряжение питания на преобразователь, собранный на транзисторах T_1 и T_2. Накопительный конденсатор C_1 начнет заряжаться.

Когда напряжение на нем возрастет примерно до 300 В, зажжется неоновая лампа $Л_1$ и с делителя R_3R_4 положительное напряжение через неоновую лампу поступит на базу транзистора T_3. Он закроется, это приведет к тому, что и транзистор T_4 окажется закрытым. Ток через обмотку реле P_1 прекратится, реле отпустит якорь, и контакты $P_{1/1}$ отключат преобразователь от источника питания.

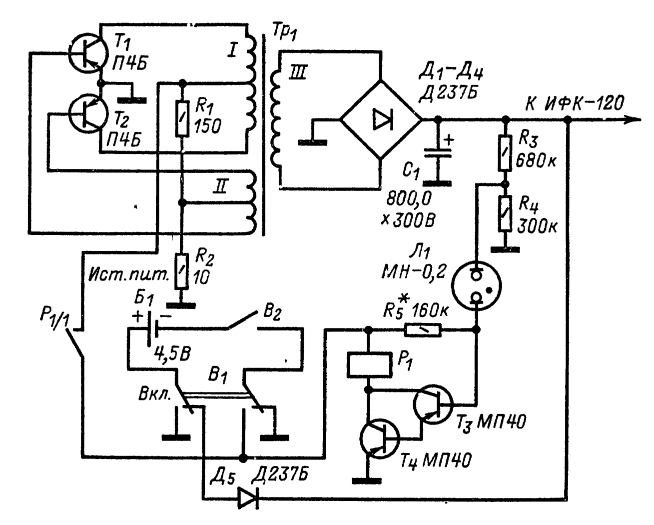


Рис. 6-36. Принципиальная схема экономичной батарейной лампы-вспышки.

Саморазряд конденсатора C_1 приводит к тому, что напряжение на нем уменьшится. Как только напряжение на конденсаторе C_1 достигнет такого уровня, что лампа $Л_1$ погаснет, транзисторы T_3, T_4 откроются, преобразователь снова подключится к источнику питания и генерация восстановится. Если вспышка произойдет при отключенном преобразователе, конденсатор разрядится через импульсную лампу до низкого напряжения и преобразователь также подключится к источнику питания. Этот вариант преобразователя значительно экономичнее известных потому, что при отсутствии генерации потребление тока от источника питания ограничивается начальным током транзистора T_4, составляющим доли миллиампера.

Транзисторы T_3 и T_4 в устройстве могут быть любые низкочастотные. Реле P_1 — РЭС-10 (РС4.524.304) или РСМ-2 (10.171.81.58). Трансформатор Tp_1 не отличается от применяемых в преобразователях для ламп-вспышек.

В лампах-вспышках преобразователь работает на очень большую емкостную нагрузку, вследствие чего его режим в момент включения оказывается весьма напряженным, затягивается процесс заряда накопительного конденсатора, что приводит к дополнительной трате энергии источника питания. Можно значительно облегчить режим работы преобразователя в начальный момент и одновременно ускорить процесс заряда конденсатора, если уменьшить его расформовку, зарядив перед включением преобразователя до некоторого напряжения, например до напряжения источника питания.

Для обеспечения такого режима переключатель B_1 (рис. 6-36) устанавливают в положение, указанное на схеме. Источник питания $Б_1$ при этом через диод $Д_5$ будет подключен к накопительному конденсатору C_1. Диод $Д_5$ предназначен для предохранения источника питания от напряжения не полностью разряженного накопительного конденсатора при выключенном преобразователе.

ОХРАННЫЕ УСТРОЙСТВА

Применение охранных устройств для целей охраны объектов позволяет повысить ее эффективность. Описываемые здесь такие устройства, изготовленные С. Воробьевым (г. Дубна Московской обл.), достаточно удачно сочетают простоту конструкции с надежностью работы.

Первое, довольно простое устройство, принципиальная схема которого приведена на рис. 6-37, предназначено в основном для охраны небольших объектов, блокирования окон, дверей, ценного оборудования, оно также может быть использовано для подсчета количества людей или каких-либо предметов. В случае подключения к входу емкостных датчиков (конденсаторов с воздушным диэлектриком) устройство может реагировать на повышенную влажность, задымленность, наличие примесей в жидкостях, изменение толщины каких-либо предметов или материалов и т. д. Его можно использовать и в качестве сенсорного устройства для управления различной аппаратурой.

Емкостные чувствительные элементы (в дальнейшем их будем называть антеннами) подключают к клеммам $Кл_1$ и $Кл_2$. Антенны вместе с обмотками *1-2-3* и *4-5-6* трансформатора Tp_1 образуют сдвоенный сбалансированный дифференциальный мост переменного тока. Питание моста производят переменным напряжением, частота которого определяется задающим генератором, выполненным на транзисторе T_5.

При изменении емкостей в плечах моста происходит его разбаланс. Напряжение разбаланса снимается со вторичной обмотки трансформатора Tp_1 и подается на базу транзистора T_1, включенного по схеме с общим коллектором. С эмиттерной нагрузки транзистора (переменного резистора R_3) оно поступает на усилительный каскад на транзисторе T_2. В коллекторную цепь транзистора включен контур, образованный катушкой L_1 и конденсатором C_8. Резонансная частота контура соответствует частоте генератора питания.

С катушки L_2 сигнал разбаланса поступает на рефлексный каскад, состоящий из транзисторов T_3, T_4. Рефлексный каскад выполняет одновременно функции уси-

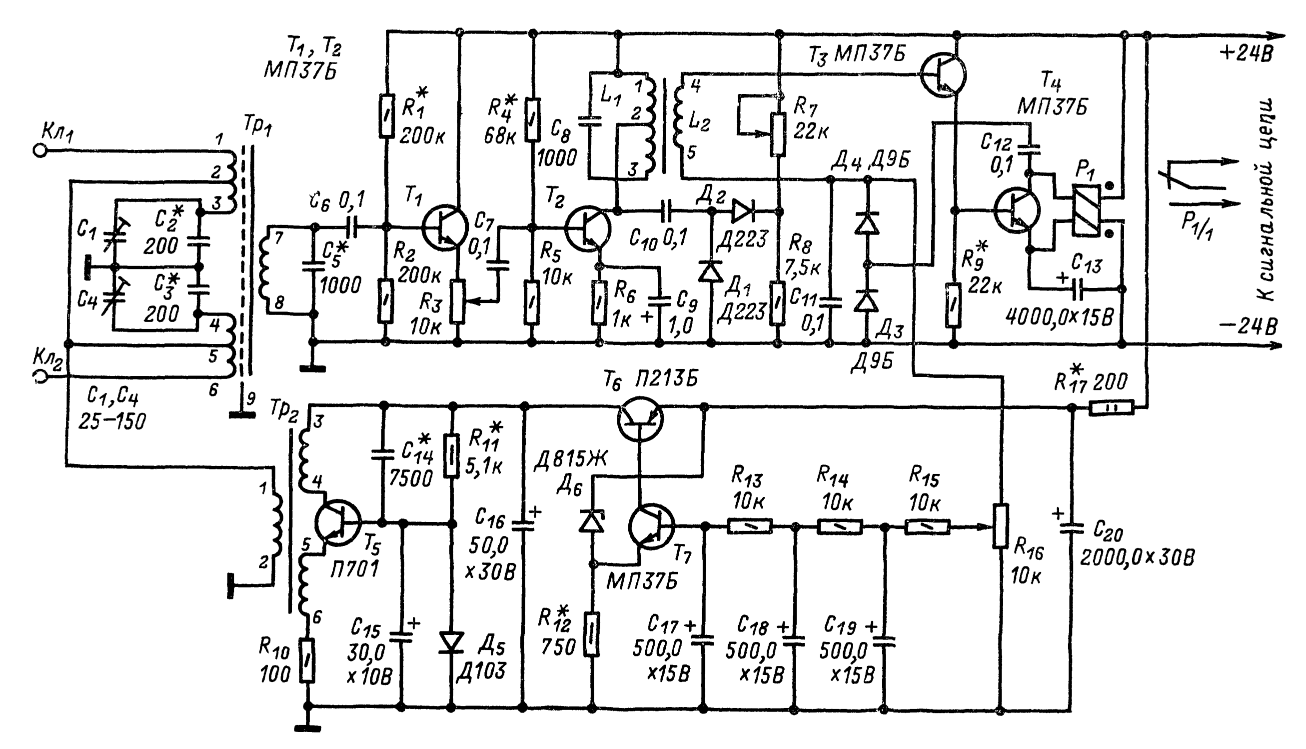


Рис. 6-37. Принципиальная схема простого охранного устройства.

лителя постоянного и переменного тока, а также управляет сигнальным устройством. В коллекторную и эмиттерную цепь транзистора $Т_4$ включены обмотки поляризованного реле $Р_1$. Параллельно обмотке реле, находящейся в эмиттерной цепи транзистора $Т_4$, включен конденсатор $С_{13}$.

С нагрузки транзистора $Т_4$ (обмотки реле $Р_1$) усиленный сигнал подается на выпрямитель, выполненный на диодах $Д_3$, $Д_4$ по схеме удвоения напряжения. Выпрямленный ток поступает на рефлексный каскад и усиливается им. Постоянная составляющая коллекторного тока транзистора $Т_4$, протекая по обмотке реле, вызывает его срабатывание. Это происходит потому, что ток, протекающий по второй обмотке реле, из-за включенного параллельно ей конденсатора быстро измениться не может.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ и делитель напряжения R_7, R_8 образуют ограничитель амплитуды сигнала. Необходимый порог ограничения подбирается переменным резистором R_7.

Для того чтобы уменьшить влияние атмосферных явлений (изменения температуры, влажности и т. п.), в устройстве имеется следящая система, корректирующая работу генератора питания. Следящая система представляет собой цепь инерционной обратной связи, состоящей из инерционного RC-звена, устройства сравнения и управляющего элемента (транзистор $Т_6$). В инерционную цепь входят резисторы R_{13} — R_{15} и конденсаторы $С_{17}$ — $С_{19}$. Устройство сравнения включает в себя транзистор $Т_7$ и стабилитрон $Д_6$.

При медленных изменениях напряжения на конденсаторе $С_{11}$ (обусловленных атмосферными явлениями) будет изменяться и напряжение на базе транзистора $Т_7$. Это приведет к изменению падения напряжения на участке коллектор-эмиттер транзистора $Т_6$, а следовательно, и на электродах транзистора $Т_5$.

Режим работы следящей системы подбирается резисторами R_{12}, R_{16} и стабилитроном $Д_6$.

Генератор питания вырабатывает сигнал частотой 10—25 кГц. Рабочая частота определяется в основном индуктивностью катушки *3-4* трансформатора $Тр_2$, емкостью конденсатора $С_{14}$, а также зависит от конструкции антенн. Для того чтобы паразитная емкость антенн не влияла на частоту генератора, следует между генератором и трансформатором $Тр_2$ включать буферный каскад.

В табл. 6-1 приведены намоточные данные трансформаторов и катушек.

Таблица 6-1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник
$Тр_1$			
1-2	по 200	ПЭЛШО 0,15	1000НН (К32×20×6); 3 шт.
2-3			
4-5			
5-6			
7-8	200	ПЭВ-2 0,15	
$Тр_2$			
1-2	по 100	ПЭВ-2 0,18	1000 НН (К32×20×6); 2 шт.
3-4			
5-6			
L_1	500+500	ПЭЛШО 0,1	СБ-4 (СБ-28)
L_2	100	ПЭВ-2 0,18	

Высокостабильное охранное устройство, приведенное на рис. 6-38, используется при охране больших территорий, для ограждения опасных участков во время проведения различного рода работ и в других подобных случаях. Оно практически не реагирует на изменение атмосферных условий.

Емкостные чувствительные элементы (антенны) подключают к клеммам $Кл_2$ — $Кл_5$. Антенны вместе с обмотками *3-4-5* и *6-7-8* трансформатора $Тр_2$ образуют сдвоенный дифференциальный мост переменного тока.

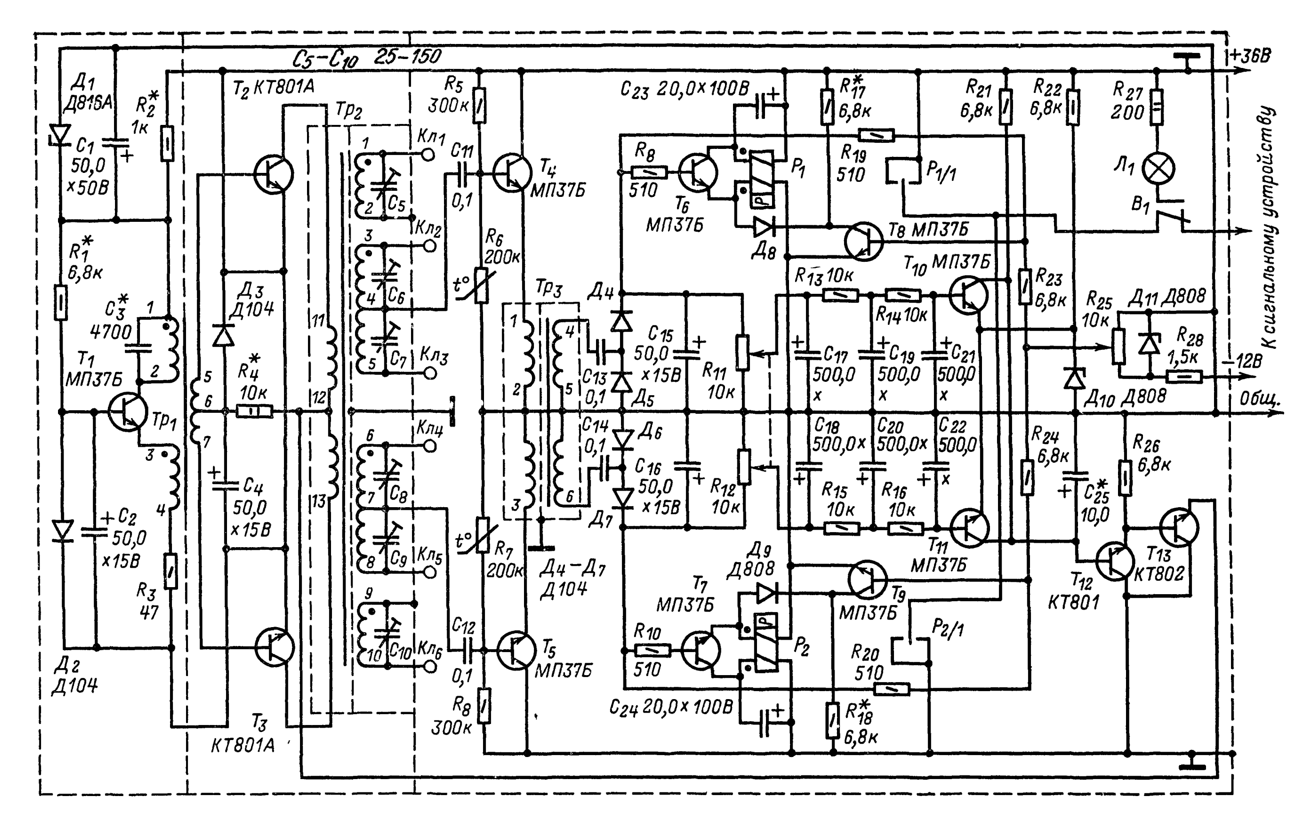


Рис. 6-38. Принципиальная схема высокостабильного охранного устройства.

К обмоткам *1-2* и *9-10* того же трансформатора подключают дополнительные антенны. Питание сдвоенного дифференциального моста производят переменным напряжением, частота которого определяется задающим генератором, выполненным на транзисторе T_1. Сигнал, вырабатываемый генератором, усиливается транзисторами T_2 и T_3. Напряжение питания генератора стабилизировано с помощью стабилитрона $Д_1$. Диоды $Д_2$, $Д_3$ стабилизируют напряжение смещения на базах транзисторов T_1 — T_3.

При изменении емкостей в плечах моста происходит его разбаланс. Напряжение разбаланса подается на базы транзисторов T_4, T_5, образующих первый каскад емкостного релейного устройства, выполненного по балансной схеме. Транзисторы T_4 и T_5 включены по схеме с общим коллектором. Терморезисторы R_6, R_7 служат для температурной стабилизации рабочей точки транзисторов. Нагрузкой эмиттерных повторителей является первичная обмотка трансформаторов $Тр_3$, средний вывод которой соединен с общим проводом цепи питания. При таком построении каскада токи, наведенные в антеннах электрическими помехами (например, грозовыми разрядами), протекая по симметричным обмоткам *1-2*, *2-3* трансформатора в противоположных направлениях, компенсируют друг друга.

Напряжение разбаланса дифференциальных мостов со вторичной обмотки трансформатора $Тр_3$ подается на два выпрямителя (диоды $Д_4$—$Д_7$), выполненных по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение поступает на двухканальное релейное устройство на транзисторах T_6, T_7. В их коллекторные и эмиттерные цепи включены двухобмоточные поляризованные реле P_1 и P_2. Параллельно одной из обмоток каждого реле включен конденсатор, а параллельно другой — транзистор (T_8 или T_9). Эти транзисторы используются в качестве переменных резисторов с заданным порогом регулирования сопротивления между коллектором и эмиттером. Порог срабатывания определяется напряжением, подаваемым на базы транзисторов T_8 и T_9 с переменного резистора R_{25}. На базы этих же транзисторов поступает управляющее напряжение с выпрямителей ($Д_4$—$Д_7$).

Такое построение релейного устройства обеспечивает срабатывание сигнального устройства не только при сравнительно быстрых изменениях входного сигнала, но и при медленном его возрастании до заданного порогового уровня. Повышение надежности релейного устройства достигается дублированием контактных групп реле P_1 и P_2.

С переменных резисторов R_{11}, R_{12} медленно изменяющийся сигнал через RC-цепочки, состоящие из резисторов R_{13} — R_{16} и конденсаторов C_{17} — C_{22}, подается на базы транзисторов T_{10} и T_{11}. С их коллекторов он поступает на усилитель постоянного тока, выполненный на транзисторах T_{12} и T_{13}, а затем на базы транзисторов T_2 и T_3. Это обеспечивает автоматическую подстройку охранного устройства при медленных изменениях параметров окружающей среды.

Детали устройства располагают на плате размерами 295×170 мм и помещают в металлическую коробку размерами 300×180×75 мм. Транзисторы T_2, T_3, T_{12} и T_{13} следует установить на радиаторы. В качестве P_1 и P_2 использованы реле РПБ-5 (сопротивление обмоток 1—4 кОм). Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_3$ выполнены на двух кольцевых сердечниках из феррита 600НН—1000НН (типоразмер К32×16×8). Трансформатор $Тр_2$ намотан на трех кольцевых сердечниках из феррита 600НН—1000НН (типоразмер К40×25×7,5). Намоточные данные трансформаторов приведены в табл. 6-2.

Начальная установка необходимого режима работы устройства производится после подключения антенн подстроечными конденсаторами C_6 — C_{10}, переменными резисторами R_{11}, R_{12}.

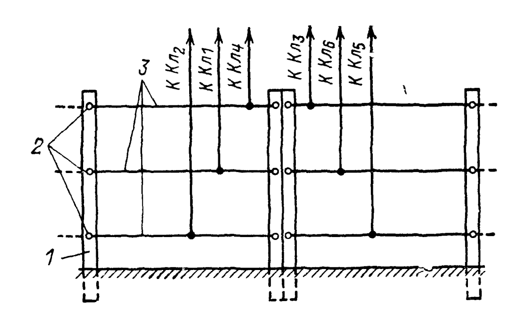


Рис. 6-39. Схема подключения проводов ограждения — антенн к охранному устройству.

Если охранное устройство используется для ограждения какой-либо опасной зоны, то в качестве чувствительных емкостных элементов применяют провода, подвешенные вокруг зоны и подключенные к клеммам $Кл_2$ — $Кл_5$. При использовании дополнительных антенн устройство ограждения может быть выполнено так, как показано на рис. 6-39 (*1* — стойки, *2* — провода, *3* — изоляторы).

В случаях, когда необходимо обезопасить приближение человека к какому-нибудь опасному механизму (например, станку), его корпус соединяют с одной из клемм $Кл_2$ — $Кл_5$. Так же поступают при необходимости охраны какого-либо токопроводящего предмета (автомобиля, мотоцикла и т. п.). Приближение к указанному предмету или прикосновение к нему вызывает срабатывание емкостного реле.

Таблица 6-2

Обозначение по схеме	Провод	Число витков
$Тр_1$		
1-2	ПЭВ-2 0,18	100
3-4	ПЭВ-2 0,25	6
5-6, 6-7	ПЭВ-2 0,25	30
$Тр_2$		
1-2, *9-10*, *3-4*	ПЭВ-2 0,18	по 150
4-5, *6-7*, *7-8*	ПЭЛШО 0,15	по 150
11-12, *12-13*	ПЭВ-2 0,18	по 100
$Тр_3$		
1-2, *2-3*	ПЭВ-2 0,15	по 300
4-5, *5-6*	ПЭВ-2 0,18	по 250

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава первая. **Радиоприемники** . . .

Рефлексный приемник на микросхеме К1УС181Б 4
Супергетеродин на микросхемах серии К224 6
Автомобильный приемник 9
Шестидиапазонный переносный супергетеродин 12
Стереофонический тьюнер 19

Глава вторая. **Телевизоры** 27

Малогабаритный телевизор на микросхемах серии К224 27
Ультразвуковая система дистанционного управления 32

Глава третья. **Звукотехническая аппаратура** 37

Усилитель НЧ с микросхемой К2УС245 . . 37
Стереофонический усилитель 39
Четырехканальный квадрафонический усилитель 42
Псевдостереофония с помощью фазовращателя 49
Блок регулировки тембра высококачественного усилителя НЧ 50
Широкополосные стереотелефоны . . . 51
Кассетный стереомагнитофон 52
Кассетный стереомагнитофон с шумоподавителем системы Долби 57
Четыре дорожки в «Ноте-303» 59
Терменвокс 60

Стр

Блоки генераторов вибрато и тремоло . . 63
Цветомузыкальная приставка 64

Глава четвертая. **Спортивная аппаратура** 66

Транзисторно-ламповый малогабаритный трансивер 66
Транзисторный передатчик на 28 МГц . . 70
Передатчик на 144 МГц 72
Транзисторный SSB возбудитель . . . 74
Телеграфный манипулятор 76
Радиостанция для многоборья радистов . 77
Простой приемник «лисолова» 81

Глава пятая. **Измерительная аппаратура** . 83

Испытатель маломощных транзисторов . . 83
Многопредельный омметр 85
Сигнал-генератор 87
Калибратор-генератор меток 89
Комбинированный измерительный прибор . 91
Осциллограф 93
Цифровой частотомер 101

Глава шестая. **Устройства автоматики** . 107

Электронный автомат в будильнике «Слава» 107
Часы с музыкальным боем 108
Переговорное устройство 109
Мигающие огни на новогодней елке . . 111
Модель, управляемая звуком 113
Экспонометры для фотопечати 116
Экспонометр для фотосъемки 118
Лампы-вспышки 121
Охранные устройства 125